# COMPTE RENDU

## DES SÉANCES

# DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 JUIN 1841.

PRÉSIDENCE DE M. SERRES.

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

*Recherches sur la véritable constitution de l'air atmosphérique; par* MM. **Dumas** *et* **Boussingault**.

« Abstraction faite de l'acide carbonique, des gaz carburés, des vapeurs accidentelles, l'air renferme de l'oxigène et de l'azote en proportion qui paraissent à peu près constantes.

» Généralement, on admet que l'air est formé d'un mélange d'oxigène et d'azote, et l'on s'explique son invariabilité, en supposant que les plantes décomposent par leurs parties vertes, sous l'influence solaire, tout l'acide carbonique développé par la respiration des animaux ou la putréfaction des êtres organisés. La constance de la composition de l'air donnerait donc la mesure et la preuve d'une des plus belles harmonies naturelles, celle qui, liant les deux règnes organisés l'un à l'autre par l'intermédiaire de l'atmosphère, les placerait ainsi dans une dépendance mutuelle.

» Cependant tous les chimistes ne sont pas convaincus que la composition de l'air soit constante, ni même que l'air soit un mélange d'oxigène et d'azote.

» Pour certains d'entre eux, et pour MM. Prout, Dôbereiner, Falkner, Thomson, par exemple, la constance des éléments de l'air est un fait si bien acquis, qu'ils regardent l'air comme un véritable composé chimique, formé de 20 volumes d'oxigène pour 80 volumes d'azote. La confiance du savant professeur de Glasgow à cet égard est même telle, qu'il a tiré de cette donnée des densités de l'oxigène et de l'azote qui ont évidemment servi de base à tout un système de théorie atomique.

» Pour d'autres, et ici il faut citer en première ligne l'illustre fondateur de la théorie atomique, le vénérable Dr Dalton, l'air serait un mélange variable d'oxigène et d'azote, plus riche en oxigène dans les régions que nous habitons, et où l'azote deviendrait prédominant à mesure qu'on s'élèverait dans l'atmosphère. A cet égard, les convictions de M. Dalton sont vives et profondes; elles ont tout le caractère des convictions mathématiques.

» C'est en effet moins sur l'expérience que sur le calcul que cette opinion se fonde; et celui-ci, présenté sous une forme un peu différente par un de nos confrères, M. Babinet, l'a conduit à des résultats analogues. D'après ces vues, l'air étant formé à Paris de 21 d'oxigène pour 79 d'azote en volume, on aurait les compositions suivantes, à diverses hauteurs :

| | Oxigène pour 100 d'air. |
|---|---|
| 0..... | 21 |
| 2000 mètres..... | 20,46 |
| 6000 *id.*..... | 19,42 |
| 10000 *id.*..... | 18,42 |

» Les calculs de MM. Dalton et Babinet sont jusqu'à présent en désaccord avec les résultats des expériences, et en particulier avec les analyses faites par M. Gay-Lussac sur l'air recueilli dans sa mémorable ascension aérostatique, avec celles que l'un de nous a exécutées en Amérique à des hauteurs considérables, et enfin avec les analyses nombreuses qu'un chimiste plein de sagacité et d'une précision éprouvée, M. le professeur Brunner, de Berne, a été exécuter au sommet du Faulhorn, pendant un séjour prolongé qu'il y a fait à ce dessein.

» Ainsi, voilà des chimistes qui regardent, d'après leurs expériences, l'air comme étant formé de 20 d'oxigène et 80 d'azote, et comme constituant un véritable composé chimique. En voici d'autres qui le considèrent comme un mélange constant de 21 d'oxigène pour 79 d'azote. Enfin viennent des physiciens qui veulent que sa composition varie avec la hauteur.

» Toutes ces opinions ne donnent pas une idée bien haute de la con-

fiance qu'inspire la méthode employée habituellement pour faire l'analyse de l'air; elles prouvent que chacun croit y entrevoir des causes d'erreur suffisantes pour justifier le peu de cas qu'il fait des analyses connues.

» L'incertitude augmente encore quand on sait que l'analyse de l'air s'accorde de la manière la plus parfaite avec les densités de l'oxigène et de l'azote, données par MM. Berzélius et Dulong, densités évidemment incorrectes, comme on le verra plus loin.

» Ainsi, ce n'est plus à titre seulement de renseignement historique à léguer à la postérité, qu'il importait de soumettre la composition de l'air à une étude nouvelle et assez exacte pour inspirer quelque confiance aux savants. Au respect pour un des derniers vœux que Laplace ait fait entendre dans cette enceinte, et dont il a confié l'exécution à l'Académie, venait se joindre un intérêt actuel, vraiment irrésistible; car les théories les plus délicates de la science semblaient s'être donné rendez-vous sur cette question de la composition de l'air, pour s'y heurter et se contredire.

» Ainsi, pour le Dr Prout et le Dr Thompson, tous les gaz ont des densités exprimées par des multiples en nombre entier de la densité de l'hydrogène. L'azote est quatorze fois plus pesant que l'hydrogène, l'oxigène est seize fois plus pesant que lui. Enfin l'azote et l'oxigène se trouvent exactement dans la composition de l'air dans le rapport de 1 à 4 en volumes.

» Comme il régnait le même doute sur ces trois points, nous avons dû mettre en usage des procédés qui fussent absolument indépendants des chiffres admis jusqu'ici pour la densité de l'oxigène ou pour celle de l'azote; nous avons dû même éviter de baser nos analyses de l'air sur la composition attribuée à quelque composé que nous aurions produit à son aide, car il aurait fallu s'appuyer sur des données analytiques antérieures; et sans mettre en doute aucun des faits de la science, nous avons cru convenable de nous rendre indépendants de toutes les circonstances étrangères au point précis que nous voulions déterminer.

» Nous avons trouvé toutes ces conditions réunies par l'emploi d'un procédé très simple dans sa conception comme dans son exécution, et qui ne renferme réellement comme chose nouvelle, que le moyen de remplacer la mesure des gaz par leur pesée. Ainsi, nous avons réussi à faire l'analyse de l'air en pesant l'oxigène et en pesant l'azote qu'il renferme.

» En effet, nous étant procuré un ballon vide d'air, nous le mettons en rapport avec un tube plein de cuivre métallique réduit par l'hydrogène et armé de robinets qui permettent d'y faire également le vide. On a d'ailleurs déterminé exactement le poids de ce tube.

» Le cuivre étant chauffé au rouge, on ouvre celui des robinets par où doit arriver l'air, qui se précipite alors dans le tube, où il cède à l'instant son oxigène au métal. Au bout de quelques minutes, on ouvre le second robinet, ainsi que celui du ballon, et le gaz azote se rend dans le ballon vide. Les robinets demeurés ouverts, l'air afflue, et à mesure qu'il passe dans le tube il y abandonne son oxigène; c'est donc de l'azote pur que le ballon reçoit. Quand il en est plein ou à peu près, on ferme tous les robinets. On pèse ensuite séparément le ballon et le tube pleins d'azote; puis on les pèse de nouveau après y avoir fait le vide. La différence de ces pesées donne le poids du gaz azote. Quant au poids de l'oxigène, il est fourni par l'excès de poids que le tube qui contient le cuivre a acquis pendant la durée de l'expérience.

» Nous n'insistons pas pour le moment sur les précautions que nous avons jugées nécessaires dans la pesée du ballon plein d'azote et vide; elles seront mieux à leur place dans la discussion des moyens que nous avons mis en œuvre pour contrôler les densités de l'oxigène et de l'azote.

» Mais nous devons dire sur quoi se fonde notre conviction relativement à la base même du procédé, c'est-à-dire l'absorption totale de l'oxigène de l'air qui passe par le tube au moyen du cuivre.

» Il suffit de voir comment l'expérience se comporte, pour être pleinement rassuré à ce sujet. En effet, l'air se dépouille tout-à-coup d'oxigène, dès son entrée dans le tube. Le cuivre qui s'oxide occupe une zone tout-à-fait limitée; et après les plus longues expériences, l'oxidation se trouve renfermée dans l'espace de deux ou trois centimètres. La presque totalité du tube contient donc encore à la fin de l'expérience du cuivre métallique doué de tout son éclat, et éminemment propre à recueillir les dernières traces d'oxigène.

» Nous n'avons pas voulu néanmoins nous en rapporter à ces apparences. Tout étant disposé comme à l'ordinaire, nous avons triplé la vitesse du courant d'air dans l'appareil; et sous cette condition défavorable, nous avons essayé s'il retenait de l'oxigène : il n'en avait pas gardé le moindre indice. En effet, nous avons dirigé l'azote tout entier au travers d'un tube contenant une dissolution ammoniacale de protochlorure de cuivre bien incolore, et nous n'avons pu découvrir aucune apparence de coloration dans ce liquide. Or la plus légère trace d'oxigène l'aurait fait passer au bleu foncé.

» Exécutées à l'aide de ce procédé et sur une grande échelle, toutes nos expériences, sans exception, sont venues confirmer la composition de l'air

admise par les chimistes français, et fondée sur les belles expériences eudiométriques par lesquelles MM. de Humboldt et Gay-Lussac ont fixé, il y a trente-cinq ans, la composition de l'air d'une manière irréprochable dans les limites de sensibilité de leurs instruments.

» Nous ne rapporterons pas toutes nos analyses; nous donnons ici seulement le détail de celles qui ont été faites au moment où l'expérience acquise dans le maniement du procédé, nous permettait d'atteindre une précision qui les rendait bien comparables. Or, nous devons le dire, à mesure que nous faisions disparaître les petites causes d'erreur que nous avions méconnues d'abord, les différences apparentes de la composition de l'air s'effaçaient; celle-ci se montrait plus constante, et nous étions conduits invinciblement à considérer comme dues à des erreurs d'observation des différences qui, au premier abord, semblaient appartenir à la constitution de l'air lui-même.

» L'air que nous soumettions à l'analyse était aspiré par des tubes de verre qui le puisaient dans le jardin de mon laboratoire, près du Jardin des Plantes. Quand nous faisions deux analyses simultanées, les deux tubes aspirateurs venaient se terminer au même point et prenaient par conséquent l'air dans la même couche.

» Six expériences simultanées deux à deux donnent donc en résumé les résultats suivants :

| | Petit ballon. | Ballon moyen. | |
|---|---|---|---|
| 27 avril oxigène... | 22,92 | 22,92 | pour 100 d'air en poids. |
| 28 avril..... | 23,03 | 23,09 | |
| 29 avril..... | 23,03 | 23,04 | |
| Moyenne..... | 22,993 | 23,016 | |

Et en prenant la moyenne des six expériences, on trouve

| | | | |
|---|---|---|---|
| Oxigène... | 23,010 | ou bien | 23 |
| Azote..... | 76,990 | | 77 |
| | 100,000 | | 100 |

pour la composition de l'air en poids dans les circonstances où nous avons opéré.

» Dans une expérience où nous opérions sur l'air pris dans le laboratoire même, nous n'avons trouvé que 22,3 d'oxigène pour 100 d'air en poids. Cette différence, à peine appréciable par les méthodes eudiométriques ordinaires, s'exprime dans notre procédé par des chiffres si considé-

rables, qu'elle ne saurait échapper à l'observation la moins attentive; mais nous réservons pour une autre époque les recherches relatives à l'air vicié que nous nous proposons d'accomplir en vue des études que la physiologie et l'hygiène réclament sous ce rapport.

» Ainsi, en nous bornant à la composition de l'air normal, nous trouvons que dans les derniers jours d'avril et par un beau temps, il était formé de 2300 d'oxigène pour 7700 d'azote en poids. Ce fait étant indépendant de toute correction, de tout coefficient, de toute hypothèse, peut servir à discuter quelques chiffres d'une très grande importance, savoir : la densité de l'azote et celle de l'oxigène. En effet, il faut qu'en prenant

$$\begin{array}{r} 2{,}300 \text{ oxigène}, \\ 7{,}700 \text{ azote}, \\ \hline 10{,}000 \text{ air}, \end{array}$$

et divisant chacun de ces nombres par les densités respectives de l'oxigène, de l'azote et de l'air, on retrouve un accord convenable dans les volumes qui s'en déduiront. Et comme la densité de l'air est l'unité, 10,000 d'air en poids en représentent 10,000 en volume, qui doivent former la somme des volumes des 2,300 oxigène et des 7,700 azote. On aurait donc

$$\frac{2300}{1{,}1026} + \frac{7700}{0{,}976} = 10\,000,$$

si les densités de l'oxigène et de l'azote données par M. Berzélius étaient exactes. Mais on a tout au contraire

$$\begin{array}{lll} \text{D'une part,} & 10\,000 \text{ air en poids} & = 10000 \text{ air en volume ;} \\ \text{D'autre part,} & \left\{ \begin{array}{l} 7700 \text{ azote en poids} \\ 2300 \text{ oxigène en poids} \end{array} \right. & = \begin{array}{l} 7889 \text{ en volumes,} \\ 2086 \text{ en volumes,} \end{array} \\ & & \overline{9975} \text{ air en volume.} \end{array}$$

» Le volume de l'air, qui devrait être égal à 10 000, ne s'élèverait donc qu'à 5975, ce qui correspond à une erreur de $\frac{25}{10000}$. Comme nous pensions qu'une telle erreur n'était pas possible dans nos expériences, nous avons jugé nécessaire de prendre avec des soins nouveaux la densité de l'oxigène et celle de l'azote.

» Le principe sur lequel nous nous sommes fondés nous a entraînés peu à peu dans bien des tâtonnements; mais nous espérons qu'il en sera résulté une méthode propre à introduire dans ces sortes de recherches une préci-

sion qui n'aura de limites que celle qui résulte de la capacité des vases, qui demeure bornée à certains termes difficiles à dépasser.

» On peut apprécier la densité d'un gaz en comparant le poids de l'air que perd un ballon où l'on fait le vide et celui du gaz qui peut y entrer pour en prendre la place. Cette méthode est très commode; on l'emploie le plus ordinairement, mais elle suppose que le gaz est recueilli d'avance dans un réservoir où on le puise pour remplir le ballon. Or, nous voulions éviter de préparer nos gaz à l'avance, et de les conserver dans des récipients, pratique qui entraîne mille difficultés, relativement à la pureté du gaz, à cause des échanges de gaz et d'air qui s'effectuent au contact du liquide saturé d'air.

» Voici, en conséquence, la marche que nous avons suivie. Le gaz est préparé de façon à parvenir pur et sec à l'extrémité d'un tube qu'on met en communication avec un ballon vide. En ouvrant le robinet de ce vase, le gaz se précipite dans son intérieur. On règle sa production et son introduction dans le ballon d'une manière convenable, pour qu'il y ait toujours dans l'appareil qui sert à le produire et à le purifier une pression supérieure à la pression ordinaire.

» Lorsque le ballon est plein de gaz, on y fait le vide, et on le remplit une seconde fois. On suppose alors qu'il est plein de gaz pur, supposition qui n'entraîne aucune erreur appréciable à la balance.

» Il faut procéder enfin aux pesées, qui se réduisent à trois : 1° la pesée du ballon plein de gaz; 2° celle du ballon vide; 3° celle du ballon plein d'air sec. Elles peuvent marcher rapidement dans l'ordre indiqué, et elles fournissent, 1° le poids du gaz, 2° le poids d'un volume égal d'air (1).

» Restait à connaître la température propre du gaz et celle de l'air dans lequel flotte le ballon pendant les pesées. C'est là, nous n'en doutons aucunement, que réside le secret des discordances qu'on observe dans les nombres exprimant les densités des gaz donnés par tant de physiciens et de chimistes illustres, et si éloignés les uns des autres, que personne n'a jamais osé prendre une moyenne entre eux.

» Pour avoir des températures certaines, constantes, faciles à apprécier, nous avons dû placer dans le ballon un thermomètre construit par M. Danger, qui permît de lire les centièmes de degré. La tige de ce thermomètre est engagée dans un tube de verre interposé entre la douille de ce ballon et son robinet. L'observateur peut donc lire la température exacte

(1) Ce principe avait déjà été mis à profit dans des recherches relatives à la densité du gaz carbonique, excutées avec M. Stas, par l'un de nous.

du gaz, sans avoir besoin de sortir le ballon de l'enceinte où il s'est mis en équilibre de température.

» Cette enceinte ou cave artificielle est formée d'un grand vase cylindrique en zinc dont la paroi intérieure se trouve à 2 décimètres de la paroi extérieure. L'espace annulaire qu'elles laissent entre elles, l'espace compris entre le fond intérieur et le fond extérieur, sont remplis d'eau. L'ouverture de la cave est fermée par un couvercle mobile dans l'épaisseur duquel est logée une couche d'eau d'une épaisseur de 2 décimètres.

» Le ballon logé dans cette enceinte se trouve entouré par conséquent d'une enveloppe d'eau de 2 décimètres, dont on connaît la température à $\frac{1}{100}$ de degré près. Le ballon étant d'ailleurs muni d'un thermomètre qui indique sa température intérieure avec la même précision, il suffit d'attendre que les deux thermomètres soient d'accord pour avoir la certitude que le gaz possède partout la même température, à $\frac{1}{100}$ de degré près.

» Il n'y aurait pas d'intérêt à pousser plus loin la précision à cet égard, par la raison que dans nos ballons les plus volumineux une erreur de $\frac{1}{100}$ de degré ne correspond qu'à une erreur sur le poids de $\frac{7}{10}$ de milligramme, poids qu'une balance chargée de 1 ou 2 kilogrammes n'apprécie plus.

» Au moment où on ferme le robinet du ballon, on connaît donc la pression du gaz au vingtième de millimètre, puisqu'elle est égale à celle de l'air extérieur exprimée par le baromètre, et l'on peut répondre de sa température au centième de degré.

» Pour avoir le poids exact du ballon, il faut des précautions du même ordre.

» En effet, quand le ballon est suspendu au crochet de la balance et que l'observateur s'en approche pour peser, il échauffe le ballon et l'air qui l'entoure : des courants s'établissent; le poids apparent du ballon varie sans règle et dans des limites qui détruisent toute idée de précision absolue.

» Nous avons fait usage d'une balance du système de Fortin construite avec les plus grands soins par M. Deleuil, balancier de la Monnaie. Cette balance est placée sur une large armoire doublée en plomb et garnie à l'intérieur d'une couche de chaux vive qui y maintient l'air à un état hygrométrique constant. Le ballon suspendu au crochet de la balance flotte dans cette armoire, et les portes de celle-ci étant fermées, il est à l'abri de tous les rayonnements extérieurs. Un thermomètre qui donne les centièmes de degré, placé à côté du ballon, donne immédiatement la température de l'air de l'armoire; un baromètre placé à côté donne sa pression.

» En général, nous ne pouvons pas peser un ballon deux fois de suite de manière à trouver le même poids apparent; mais en général aussi, la tem-

pérature de l'air de l'armoire a subi des changements de quelques centièmes de degré, et, correction faite, les pesées coïncident. Si l'observateur ne pouvait pas tenir compte de la température de l'air avec l'extrême précision que nous y portons, il serait conduit à prendre une moyenne entre des pesées discordantes en apparence, et sa moyenne serait fausse; tandis qu'en réalité les pesées étaient très justes et ne demandaient qu'une correction de température, pour se montrer parfaitement d'accord entre elles.

» Au moyen de ces procédés, nous avons pris d'abord la densité de l'oxigène et nous l'avons prise un si grand nombre de fois, qu'il nous est démontré avec la dernière évidence que la densité 1,1026, donnée par MM. Berzélius et Dulong, ne peut être conservée et s'éloigne plus qu'aucune autre de la vérité, comme le craignait du reste M. Dulong.

» Les expériences que nous avons exécutées les dernières, et où nous avions réuni tous les moyens propres à en assurer la parfaite exactitude, ont été faites avec de l'oxigène préparé par un mélange d'acide sulfurique concentré et de peroxide de manganèse. Le gaz se purifiait en passant à travers des tubes ou flacons garnis de potasse liquide, il se desséchait en traversant des tubes ou flacons garnis d'acide sulfurique concentré et pur.

*Densité de l'oxigène.*

| | |
|---|---|
| I^re^ Expérience.... | 1,1055 |
| II^e^ *id.*..... | 1,1058 |
| III^e^ *id.*..... | 1,1057 |
| | 3,3180 |
| Moyenne..... | 1,1057 |

» Cette valeur s'accorde presque exactement avec la densité adoptée par M. Th. de Saussure, 1,1056. Elle se rapproche beaucoup aussi de l'ancienne densité de MM. Biot et Arago, 1,1036; et si celle-ci se montre un peu plus faible, cela tient sans nul doute à ce que le gaz oxigène, préparé avec tant de soin et de scrupule par M. Thenard pour les expériences de MM. Biot et Arago, s'était souillé d'un peu d'air en traversant l'eau qui a servi à le transvaser.

» La correction que nous venons de faire subir à la densité de l'oxigène, loin de rétablir l'accord entre la composition de l'air que nous avons déterminée par des expériences précises, et les densités de l'oxigène et de l'azote, ne fait qu'accroître l'écart que nous avons mis en évidence plus haut.

En effet, on aurait

$$\frac{2300}{1,1057} = 20,80 \text{ volume de l'oxigène,}$$

$$\frac{7,700}{0,976} = \frac{78,89 \text{ volume de l'azote,}}{99,69 \text{ volume de l'air, au lieu de } 100,00.}$$

C'est-à-dire qu'avec notre composition de l'air, notre densité de l'oxigène et la densité de l'azote de MM. Berzélius et Dulong, on ne peut plus représenter la densité de l'air. L'erreur est énorme, car pour un élément de cette importance, c'est une erreur énorme qu'un demi pour cent environ.

» Cela tient à ce que MM. Berzélius et Dulong, ayant admis une composition de l'air à peu près semblable à celle que nous trouvons nous-mêmes, ils ont été conduits à compenser par une densité trop élevée de l'azote, la densité beaucoup trop faible de l'oxigène à laquelle ils s'étaient arrêtés.

» Nous avons pris la densité de l'azote au moyen de l'azote extrait de l'air lui-même par le cuivre, et en absorbant l'acide carbonique et l'eau à l'aide de la potasse et de l'acide sulfurique. Voici les résultats de trois expériences.

*Densité de l'azote.*

| | |
|---|---|
| I^re^ Expérience.... | 0,970 |
| II^e^ *id*..... | 0,972 |
| III^e^ *id*..... | 0,974 |
| | 2,916 |
| Moyenne..... | 0,972 |

» En adoptant cette densité, celle de l'oxigène et le rapport en poids par lequel nous avons représenté la composition de l'air, on trouve les nombres suivants :

$$\frac{2,300}{1,1057} = 20,80 \text{ volume de l'oxigène,}$$

$$\frac{7,700}{0,972} = \frac{79,22 \text{ volume de l'azote,}}{100,02 \text{ volume de l'air,}}$$

qui représentent à $\frac{2}{10000}$ près la densité de l'air prise pour unité.

» En prenant les nombres tels que les expériences les donnent

$$\frac{2,301}{11,057} = 20,81 \text{ volume de l'oxigène,}$$

$$\frac{7,699}{972} = \frac{79,19 \text{ volume de l'azote,}}{100,00 \text{ volume de l'air,}}$$

l'accord deviendrait absolu.

» Cependant, nous admettrons comme suffisamment approchée l'expression de la composition de l'air qui consiste à le considérer comme étant formé en volumes de 20,8 d'oxigène pour 79,2 d'azote.

» Cette expression s'éloigne peu, comme on voit, de l'opinion commune et néanmoins elle a exigé les corrections les plus graves sur les densités de l'azote et de l'oxigène pour ressortir de la composition pondérale de l'air.

» En considérant, pour un moment, comme l'air normal, celui que nous avons recueilli vers la fin d'avril, par un temps sec et beau, aux environs du Jardin des Plantes, nous pouvions donc regarder maintenant sa composition comme parfaitement établie à moins d'un millième en poids ou en volume à volonté.

» Mais cette composition doit varier. Quand il pleut, l'eau qui se condense dissout et entraîne plus d'oxigène que d'azote; quand il gèle, l'eau abandonne ces mêmes gaz; l'eau qui s'évapore les rend aussi à l'atmosphère. Les combustions, la respiration des animaux enlèvent de l'oxigène à l'air; les plantes par leurs parties vertes lui en rendent chaque jour sous l'influence solaire. Ces causes, et bien d'autres sans doute, tendent à troubler l'équilibre des éléments de l'atmosphère dans un point donné, les unes dans un sens, les autres dans le sens opposé. Restait donc à savoir si la tendance qu'ont les gaz à se mêler, aidée par les courants verticaux que la différence de température excite, favorisée par les vents qui transportent et confondent sans cesse au loin les couches horizontales de l'air, ne ferait pas disparaître rapidement les différences momentanées résultant de l'action locale des causes que nous venons d'indiquer sommairement.

» Des expériences dirigées dans ce sens exigeraient pour être positives un temps que nous ne pouvions y consacrer et l'intervention d'appareils que nous ne possédons pas encore. En exécutant nos essais, nous avons donc eu surtout en vue de chercher la limite au-dessous de laquelle il serait inutile d'en entreprendre de telles.

» Toutes les expériences rapportées précédemment ayant été faites par

un temps sec et beau, nous les avons répétées par un jour de pluie; l'oxigène de l'air étant entraîné en dissolution par l'eau en proportion plus forte que l'azote, cette circonstance promettait des différences plus appréciables qu'aucune de celles que nous pouvions imaginer. Nous n'avons pu réaliser notre désir, malheureusement, qu'à une distance un peu éloignée de nos premières analyses. Voici nos résultats :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Poids de l'oxigène | | | 5gr,648 | 23,015 |
| Poids de l'azote | du tube | 0,052 | 18,892 | 76,985 |
| | du ballon | 18,840 | | |
| Air analysé | | | 24,540 | 100,000 |

» Ainsi, tandis que la moyenne de nos six expériences par un beau temps donne

23,010 d'oxigène pour 100,000 d'air,

nous trouvons par une pluie continue

23,015 d'oxigène pour 100,000 d'air,

c'est-à-dire exactement la même proportion. On pourrait supposer, il est vrai, que la différence de saison a compensé la différence produite par la pluie; mais ce sont là des nuances trop délicates pour être mises en évidence autrement que par une suite d'expériences nombreuses exécutées avec soin dans un laboratoire consacré à de telles études météorologiques. Il nous est démontré du moins que l'oxigène ne varie pas d'un millième sous l'influence de la pluie; résultat qu'on expliquera, si l'on veut, en disant qu'avant de parvenir à 4 mètres du sol, hauteur à laquelle nous puisions l'air pour l'analyse, l'eau pluviale s'était déjà saturée d'air dans les régions supérieures de l'atmosphère qu'elle avait traversées. Mais en ce cas, l'analyse n'apprendrait quelque chose qu'à condition de lancer à une hauteur considérable un ballon destiné à porter dans la couche d'air où la pluie se précipite, le tube aspirateur qui fournit à l'appareil l'air destiné à l'analyse.

» La quantité d'oxigène varie-t-elle avec la hauteur? Rien ne l'annonce jusqu'ici, et l'on est parfaitement autorisé à croire le contraire par des expériences positives.

» L'air rapporté par M. Gay-Lussac d'une hauteur de 7 000 mètres environ, fut soumis à l'analyse par notre illustre confrère, et par M. Thenard. On ne savait point alors, comme aujourd'hui, avec quelle facilité l'hydrogène

se souille d'air, au contact de l'eau. Aussi les analyses indiquent-elles un peu trop d'oxigène, 21,2, toute correction faite. Mais comme on eut la précaution d'analyser en même temps, de la même manière, avec le même hydrogène, l'air pris dans la cour du palais Bourbon, il demeure démontré, par l'identité des résultats, que l'air pris soit au niveau du sol, soit à 7 000 mètres, avait en ce moment la même composition dans les limites de précision que comporte l'eudiomètre.

» Les nombreuses analyses exécutées en Amérique, par l'un de nous, se représentent en moyenne par les nombres suivants :

| | Oxigène pour 100 en volumes. |
|---|---|
| A Santa-Fé de Bogota à 2650 mètres | 20,65 |
| A Ibaqué à 1323 *id.* | 20,70 |
| A Mariquita à 548 *id.* | 20,77 |
| Moyenne | 20,70 |

» Ces résultats s'accordent, comme on voit, avec ceux que nous venons de trouver pour la composition de l'air pris à Paris; ils indiquent du moins que les différences, s'il y en a, ne sont pas de l'ordre des différences indiquées par la théorie, les calculs et même les expériences de Dalton.

» Le docteur Dalton a publié, en effet, une série d'expériences variées et nombreuses, desquelles il résulterait que le rapport de l'oxigène à l'azote n'est pas le même dans toutes les localités à la surface de la terre; qu'il varie avec les saisons et avec les hauteurs. Ses analyses démontreraient qu'à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère, l'oxigène y diminue d'une manière très notable, quoique moindre que celle qui serait indiquée par sa théorie; ce qu'il attribue aux effets inévitables de l'agitation de l'atmosphère. Voici les principaux résultats auxquels il est parvenu :

| | | Oxigène pour 100 en volumes. | | |
|---|---|---|---|---|
| Montagne d'Helvellyn | 900 mètres | 20,70 | Manchester | 20,88 |
| *Id.* | | 20,58 | *id.* | 21,10 |
| Sur le Showdon | 1050 mètres | 20,65 | *id.* | 20,80 |
| Air pris en ballon à | 2880 mètres | 20,52 | *id.* | 20,92 |
| *Id.*, pris à | 4500 mètres | 20,59 | *id.* | 20,95 |
| Air pris à la mer de glace, vall. de Chamounix | | 20,20 | | |
| Air du Simplon | | 19,98 | | |
| Wengern-Alp | | 20,45 | | |
| *Id.* | | 20,11 | | |

» En étudiant ces nombres, on voit que parmi les analyses de M. Dalton, celles qu'il a faites sur l'air recueilli récemment se trouvent comprises dans les limites des erreurs possibles de l'eudiomètre à hydrogène; celles qui ont été exécutées avec de l'air rapporté des Alpes s'en éloignent au contraire beaucoup. Faut-il attribuer ces différences à une altération accidentelle de l'air, ou à une modification réelle dans la composition de l'atmosphère des lieux élevés? C'est ce que nous désirions très vivement éclaircir.

» Pour cela, il fallait comparer l'air analysé à une hauteur un peu considérable, et par des moyens analogues aux nôtres, avec celui que nous avions analysé nous-mêmes. Nous avons donc saisi avec un vif empressement le moyen d'utiliser dans ce but les excellentes observations du professeur Brunner, de Berne. Ce chimiste habile et plein de dévouement aux progrès de la science, a été passer quelques semaines au sommet du Faulhorn, une des montagnes de l'Oberland bernois, dans une maison située à une hauteur de 1950 mètres, et là il s'est livré chaque jour à l'analyse de l'air. Comme le Faulhorn et le Wengern-Alp font partie de la même masse de montagnes, les expériences de M. Brunner peuvent servir de contrôle aux analyses que M. Dalton a faites sur l'air pris dans cette localité.

» Au premier abord, les analyses de M. Brunner et les nôtres paraîtraient peu comparables. En effet, l'habile professeur de Berne enlève l'oxigène à l'air au moyen du phosphore, et il apprécie cet oxigène par la pesée. Mais comme dans chacune de ses expériences le poids de l'oxigène ne dépasse guère 120 ou 130 milligrammes, l'erreur qu'il peut commettre à son sujet doit s'élever au moins à $\frac{1}{100}$, et même à $\frac{1}{80}$.

» Quant à l'azote, M. Brunner le mesure, et il en déduit le poids d'après sa densité.

» Ainsi pratiquée, sur une échelle évidemment trop faible, cette méthode indiquerait des variations dans l'oxigène qui iraient de 20,8 à 21,1 en volumes pour 100 d'air. Mais, comme on le voit, cette différence peut tenir aux erreurs des pesées, car elle ne dépasse pas $\frac{1}{70}$, et se trouve à peu près comprise dans les erreurs présumables de l'expérience même. D'ailleurs les nombres extrêmes sont identiques avec ceux que donne l'analyse eudiométrique à Berne ou à Paris.

» Mais autant il était difficile de tirer parti des expériences partielles de M. Brunner, autant elles sont devenues précieuses quand nous les avons considérées dans leur ensemble. En effet, en les réunissant pour en faire une expérience unique, les erreurs de pesées ont dû se compenser; et si,

comme nous le pensons, la composition de l'air varie peu d'un jour à l'autre, il n'importe guère que cette expérience ait duré quatorze jours, ou bien qu'elle ait été faite d'un seul coup.

» M. Brunner, dans ses quatorze expériences, a recueilli 4502 centimètres cubes d'azote à 0° et 0$^{m}$,76, c'est-à-dire en poids 5$^{gr}$,7649.

» La somme des quatorze déterminations d'oxigène donne 1$^{gr}$,723 pour le poids total de ce gaz.

» Ainsi, au sommet du Faulhorn, *pendant le mois de juillet* 1833, l'air renfermait les éléments suivants :

| | | |
|---|---|---|
| Oxigène..... | 1,7230 | 23,010 |
| Azote..... | 5,7649 | 76,990 |
| | 7,4879 | 100,000 |

tandis que nous trouvons 23010 comme moyenne de nos analyses; M. Brunner aurait donc trouvé 23010 comme moyenne des siennes. Qu'on prenne du reste 23010 ou bien 23015 qui résulteraient de nos meilleures expériences, il est clair que des différences de cet ordre tiennent à de simples erreurs d'observation ou se confondent avec elles.

» Il est peu probable que pendant la durée des expériences de M. Brunner, il y ait eu des variations de composition dans l'air du Faulhorn, quoique ses expériences partielles en indiquent de légères, que nous attribuons aux erreurs de pesée. Il demeure donc démontré pour nous que la composition de l'air au sommet de cette montagne, était précisément la même que nous trouvons à Paris en ce moment, notre assertion étant renfermée dans les limites que l'observation peut atteindre, c'est-à-dire au millième près; car nous ne voulons pas aller plus loin, quoique les chiffres permettent de le faire.

» Le procédé de M. Brunner a reçu tout récemment une application dans une localité intéressante, à cause de la distance qui la sépare de Paris et de Berne : c'est Groningue. L'auteur, M. B. Verver, n'indique pas l'année de ses expériences par inadvertance, mais tout porte à croire qu'elles ont eu lieu en 1839; elles ont été exécutées d'ailleurs dans le courant de mai et d'août.

» Elles conduisent précisément à la même conséquence, car, d'après l'ensemble des expériences de M. Verver, l'air renfermerait à Groningue, en poids, 22,998 d'oxigène ou 23, comme nous trouvons à Paris, et M. Brunner à Berne ou au Faulhorn.

» Ainsi, sans prétendre que les opinions du docteur Dalton sur la constitution de l'atmosphère soient mal fondées, il demeure démontré pour nous que par l'effet de la diffusion des gaz, par les diverses causes d'agitation qui tendent sans cesse à mêler les couches de l'air entre elles, la différence qui pourrait exister entre l'oxigène et l'azote à diverses hauteurs, devient insensible.

» Si la composition de l'air ne varie point avec la hauteur, si elle ne fait découvrir aucun changement appréciable quand on en fait l'analyse en deux points situés à quelque distance, en est-il de même lorsque l'on compare le rapport des gaz qui le constituent à deux époques un peu éloignées?

» Cette question pleine d'intérêt a déjà excité la sollicitude de Laplace et celle de M. Thenard. Nos deux illustres confrères auraient désiré qu'une analyse de l'air, exécutée de temps en temps d'une manière officielle, permît de fixer pour une époque donnée la véritable constitution de l'atmosphère, et d'en suivre les modifications, s'il s'en était présenté.

» Si l'Académie n'a pas jusqu'ici rempli ce désir, c'est, il faut se hâter de le dire, que les méthodes analytiques étaient à cet égard tout-à-fait impuissantes. Nous ferons voir même bientôt que si le procédé que nous venons d'employer n'était pas convenablement modifié, il n'offrirait aucune chance pour découvrir les variations que la composition de l'air est susceptible d'éprouver par les causes qui agissent actuellement à la surface du globe, et dont l'effet ne saurait atteindre les limites dans lesquelles se trouvaient bornées les anciennes analyses de l'air, ou même celles que nous venons d'exécuter.

» Ce n'est donc pas dans les anciennes analyses de l'air que nous pouvions trouver quelques termes de comparaison propres à vérifier les doutes relatifs à la permanence de la constitution de l'atmosphère.

» Mais il nous a paru que le poids du litre d'air, pris avec tant de soin par MM. Biot et Arago, offrait un excellent terme de comparaison. Si ce poids n'est plus le même aujourd'hui, c'est que sans doute la composition de l'air se trouve changée; mais, si ce poids n'a pas varié, il doit être permis d'en conclure que la composition de l'air est demeurée telle qu'elle était il y a quarante ans. Comme le poids du litre d'air a été déterminé à $\frac{1}{1000}$ près environ, la précision que cette comparaison comporte surpasse celle qu'on obtiendrait par tout autre procédé.

» Nous avons cherché à rendre cette comparaison aussi sûre que possible, en prenant un ballon à peu près de la même capacité que celui qui avait

servi à MM. Biot et Arago; en faisant nos pesées à la même température qu'eux; enfin en pesant le ballon à l'air libre, sans thermomètre intérieur, c'est-à-dire absolument comme on le pratiquait avant que nous eussions appliqué à ces sortes d'expériences les précautions que nous avons décrites.

» Quatre expériences faites de la sorte par l'un de nous conjointement avec M. Stas, l'année dernière, donneraient 1,2995 pour le poids du litre d'air, tandis que MM. Biot et Arago ont trouvé 1,2991.

» Ces nombres sont comparables; mais pour obtenir une valeur plus sûre du poids du litre d'air, il faut évidemment introduire dans cette pesée les précautions que nous avons signalées dans la densité de l'oxigène et de l'azote. Nous nous en occupons.

» En attendant, nous pouvons déduire,

» 1°. De cette comparaison du poids du litre d'air sec à 0° et $0^m,76$;

» 2°. Des analyses si justement célèbres de MM. Gay-Lussac et de Humboldt comparées aux nôtres:

» Que la composition de l'air atmosphérique n'a pas varié d'une manière appréciable depuis quarante années. Cette conclusion ne surprendra pas les météorologistes, à qui une longue habitude a appris à envisager les phénomènes atmosphériques comme moins faciles à modifier par des causes accidentelles qu'on ne l'admet communément.

» Il demeure donc démontré pour nous, que le rapport de l'oxigène à l'azote dans l'air n'est pas exprimé par des nombres simples en volume; que ce rapport est invariable au millième près dans des latitudes éloignées, à des époques assez distantes et à des hauteurs fort différentes.

» Les phénomènes de la vie organique, les décompositions spontanées des animaux et des plantes, les combustions ou oxidations qui s'accomplissent à la surface de la terre, tous ces événements que notre imagination se plaît à grandir sont, heureusement sans doute, de ces faits qui passent pour ainsi dire inaperçus en ce qui concerne la composition générale de l'air qui nous entoure. Pour atteindre la limite à laquelle deviendraient sensibles les variations que l'atmosphère pourrait éprouver de la part des animaux ou des plantes, de la part des saisons, des pluies et des vents; pour décider si sa composition demeure invariable à diverses latitudes ou à diverses hauteurs, il ne s'agit donc plus d'exécuter l'analyse de l'air à $\frac{1}{50}$, comme on le pratiquait autrefois, ni même à $\frac{1}{1000}$, comme nous venons de le faire; il faut aller bien plus loin encore; comme si, par une prévision providentielle, la nature n'avait pas voulu que les altérations possibles de l'atmosphère par le jeu régulier des forces qui agissent à la surface de la terre pussent jamais

approcher, même de loin, de la limite où la vie des animaux et celle des plantes pourraient en souffrir.

» Quelques calculs qui ne peuvent avoir une précision bien absolue sans doute, mais qui reposent néanmoins sur un ensemble de données suffisamment certaines, vont montrer jusqu'où il conviendrait de pousser l'approximation pour atteindre la limite où les variations de l'oxigène pourraient se manifester d'une manière sensible.

» L'atmosphère est sans cesse agitée; les courants excités par la chaleur, par les vents, par les phénomènes électriques, en mêlent et en confondent sans cesse les diverses couches. C'est donc la masse générale qui devrait être altérée pour que l'analyse pût indiquer des différences d'une époque à une autre.

» Supposons maintenant, avec B. Prévost, que chaque homme consomme un kilogr. d'oxigène par jour, qu'il y ait mille millions d'hommes sur la terre, et que par l'effet de la respiration des animaux ou par la putréfaction des matières organiques, cette consommation attribuée aux hommes soit quadruplée.

» Supposons de plus que l'oxigène dégagé par les plantes vienne compenser seulement l'effet des causes d'absorption d'oxigène oubliées dans notre estimation : ce sera mettre bien haut, à coup sûr, les chances d'altération de l'air.

» Eh bien, dans cette hypothèse exagérée, au bout d'un siècle, tout le genre humain réuni, et trois fois son équivalent, n'auraient absorbé qu'une quantité d'oxigène égale au poids de 15 ou 16 cubes de cuivre de 1 kilomètre de côté, tandis que l'air en renferme près de 134 000.

» Ainsi, prétendre qu'en y employant tous leurs efforts les animaux qui peuplent la surface de la terre pourraient en un siècle souiller l'air qu'ils respirent au point de lui ôter la huit-millième partie de l'oxigène que la nature y a déposé, c'est faire une supposition infiniment supérieure à la réalité.

» Rien de plus facile à vérifier que cette conclusion dans ce qu'elle a de général.

» La respiration des animaux produit de l'acide carbonique; les plantes le détruisent, en s'emparant du carbone et restituant l'oxigène à l'air. Les modifications que l'air peut éprouver sous le rapport de l'oxigène, seront donc tout au plus du même ordre que les modifications qu'on observe dans l'air sous le rapport de l'acide carbonique.

» Or il a été facile d'estimer rigoureusement le poids de l'acide carbo-

nique contenu dans l'air, au moyen de la méthode générale imaginée à ce sujet par M. Thenard, et qui consiste à peser, à l'état de carbonate, l'acide carbonique fourni par un grand volume d'air qu'on mesure avec soin. Cette méthode, modifiée dans ses détails par MM. de Saussure et Brunner, a permis d'établir que l'acide carbonique de l'air varie à peu près en volume de $\frac{4 \text{ à } 6}{10000}$. En supposant que cet acide carbonique vienne de l'oxigène fourni par l'air, et non de celui que les volcans émettent sans cesse, la différence de ces nombres, qui est égale à $\frac{2}{10000}$ du volume de l'air, exprimerait la variation que l'oxigène aurait éprouvée.

» Ainsi dans

$$\left.\begin{array}{r} 10000 \text{ volumes d'air on trouverait } 2081 \\ \text{ou bien } 2083 \end{array}\right\} \text{ d'oxigène.}$$

» Cette différence serait évidemment inappréciable, si l'on se bornait à analyser 10 grammes et même 25 grammes d'air, comme nous l'avons fait, puisqu'elle serait représentée par 2 ou 3 milligrammes environ.

» En opérant sur 100 grammes d'air, la différence deviendrait égale à 20 ou 30 milligrammes;

» En opérant sur 1000 grammes d'air, elle serait représentée par 200 ou 300 milligrammes.

» Il faut en arriver là, si l'on veut que l'analyse de l'air puisse réellement devenir de quelque utilité dans la discussion des lois générales de la physique du globe.

» Mais comme nous n'avons aucun moyen de peser 1 mètre cube d'azote, il faut évidemment transformer le procédé que nous venons de décrire en un autre analogue à celui de M. Brunner, où l'azote sera mesuré et où l'oxigène seul sera pesé.

» Il faut placer dans une cave un appareil de un mètre cube plein d'eau, et la faire écouler en aspirant, pour la remplacer, l'azote de l'air qui aura perdu son oxigène en passant au travers d'une série de tubes pleins de cuivre et chauffés au rouge. Il suffirait de trois tubes contenant chacun 1 kilogramme de cuivre, pour dépouiller d'oxigène 1 mètre cube d'azote.

» En pesant ces trois tubes, ils feront connaître l'oxigène de l'air avec une précision digne de l'état actuel des sciences; car on aura fixé 376 000 milligrammes d'oxigène, et en exécutant une dixaine d'expériences, on pourra déterminer l'oxigène à $\frac{1}{300\,000}$ près avec sécurité.

» Le point délicat de ces expériences consiste à mesurer l'azote à une

température exacte. En plaçant l'appareil aspirateur dans une cave à température invariable, comme la cave de l'Observatoire, cette condition sera parfaitement remplie.

» Dire que nous désirerions que cette expérience fût faite à Paris, sous les auspices de l'Académie, ce serait tout simplement reproduire, en le précisant, le vœu émis dès longtemps par Laplace et par M. Thenard, vœu auquel tous les amis des sciences se sont associés.

» Mais aujourd'hui nous pouvons aller plus loin : la France s'est enrichie de nouveaux centres d'activité scientifique; des facultés pleines de vie et d'ardeur sont disséminées sur la surface de son sol. Le Conseil de l'Instruction publique s'empresserait, nous n'en doutons pas, d'entrer dans les vues de l'Académie et de coordonner, de concert avec elle, un système d'expériences simultanées qui permettraient d'exécuter le même jour, et en opérant sur 1 $\frac{1}{2}$ kilog. environ, l'analyse de l'air à Bordeaux, Strasbourg, Rennes, Lyon, Toulouse, Montpellier, etc.

» Bien plus, sans sortir du cercle de nos amitiés personnelles et sans faire intervenir la haute impulsion de l'Académie, nous sommes assurés que dès qu'une expérience de ce genre serait organisée à Paris, et qu'on aurait ainsi déterminé d'une manière exacte toutes les petites dispositions de l'appareil, nous pourrions obtenir le concours de chimistes ou de physiciens qui exécuteraient à Genève, à Naples, à Londres, à Dublin, à Bruxelles, à Stockholm, à Copenhague, etc., des expériences simultanées avec celles qui se feraient à Paris.

» C'est à l'Académie à décider si ces recherches méritent encore l'intérêt qu'elles ont inspiré à quelques-uns de ses membres les plus illustres, et si, combinées avec les expériences dont M. Arago s'occupe au moyen de son double tube, elles ne promettent pas sur la constitution de l'air des données assez importantes pour justifier le désir que nous avons de les voir s'exécuter bientôt sous son patronage.

» Pour nous, notre tâche est remplie; ce que nous pouvions faire avec nos moyens particuliers, nous l'avons accompli.

» Nos recherches corrigent les erreurs commises sur la densité de l'oxigène et celle de l'azote, et fixent la densité de l'oxigène à 1,1057 et celle de l'azote à 0,972;

» Elles font voir que l'air ne peut nullement être regardé comme un composé chimique formé de 20 volumes d'oxigène pour 80 d'azote;

» Elles font présumer que l'air est un mélange uniforme à toute époque, à toute latitude et à toute hauteur, de 2301 d'oxigène en poids pour

7699 d'azote; ou bien de 20,81 d'oxigène en volume pour 79,19 d'azote.

» Elles montrent que si l'air atmosphérique constitue un réservoir d'oxigène à l'usage des animaux et un réservoir d'acide carbonique à l'usage des plantes; ce magasin est si considérable, si richement doté eu égard à la dépense, que celle-ci, en supposant qu'elle ne fût pas compensée, demeurerait presque insensible sur la masse, même après une longue suite d'années ;

» D'où il suit que la chance d'apprécier des différences réelles par l'analyse de l'air, quant à la proportion d'oxigène et d'azote, est à peu près nulle, si l'on ne prend des dispositions convenables pour exécuter cette analyse sur 1 $\frac{1}{2}$ kilogr. d'air environ.

---

» Toutes les expériences rapportées dans ce Mémoire ont été exécutées avec le concours zélé et consciencieux de deux jeunes savants que nous nous plaisons à remercier de leur assistance, M. Leblanc, ancien élève externe de l'Ecole des Mines de Paris, et M. Lévy, chimiste danois, qui va bientôt exécuter à Copenhague les observations correspondantes à celles de Paris. »

---

Après la lecture du Mémoire de MM. Dumas et Boussingault, sur la proposition de M. *Arago*, l'Académie décide qu'une Commission prise dans son sein s'occupera des mesures à adopter pour la réalisation du nouveau travail indiqué dans ce Mémoire, c'est-à-dire d'analyses de l'air faites simultanément en diverses villes françaises et étrangères, avec toutes les précautions qui ont été reconnues nécessaires pour assurer la parfaite exactitude des résultats.

Cette Commission sera composée de MM. de Humboldt, Thenard, Biot, Gay-Lussac, Arago, Dumas, Boussingault et Regnault.

ZOOLOGIE. — *Observations sur le développement des zoospermes de la Raie; par* M. LALLEMAND.

« Une foule d'analogies et quelques observations directes m'avaient fait penser depuis longtemps que les premiers rudiments des zoospermes

sont fournis par l'extrémité des canaux spermatiques et se développent ensuite successivement dans le reste de leur trajet; mais je ne pensais pas qu'il fût possible d'arriver à la démonstration matérielle d'un fait qu'il semblait difficile de vérifier d'une manière incontestable. Le hasard m'a mieux servi que je n'avais osé l'espérer.

» Parmi les poissons dont je désirais examiner la liqueur séminale, la Raie avait cet avantage que le mâle est facile à reconnaître par les deux longs appendices qui lui servent à retenir la femelle. Mais l'époque de leur frai n'étant pas connue, je ne trouvai d'abord que des organes rudimentaires. Enfin, au commencement d'avril, ils acquirent en peu de jours un développement rapide, et le canal déférent, que je n'avais pu voir, devint énorme et très compliqué : voici ce que j'ai observé alors.

» Les testicules, placés au-dessous des lobes latéraux du foie, diffèrent par leur forme à mesure qu'ils deviennent plus turgescents, parce que le droit est gêné dans son développement par le volume du lobe correspondant du foie. Sa face supérieure est convexe, inégale et comme tuberculeuse; des mamelons blanchâtres et granuleux, du volume d'un petit pois, sont séparés par des dépressions d'un gris plus ou moins foncé, au fond desquelles se voient des stries blanchâtres. Cette surface, ordinairement plane et lisse, devient d'autant plus bombée et granuleuse que le rut augmente; elle est formée par l'extrémité des vaisseaux sécréteurs du testicule qui se terminent en ampoules sphériques. Ces dilatations ont environ vingt fois le diamètre des canaux spermatiques dont ils sont la terminaison; c'est dans leur cavité que se forment les zoospermes dont les développements successifs produisent les différents aspects que prennent les culs-de-sac. Les ovaires présentent exactement les mêmes formes, les mêmes changements à la même époque; seulement les bosselures de la surface de l'ovaire sont dues à la présence d'ovules plus ou moins avancés, sur lesquels on distingue toujours le disque prolifère et le point central de la fécondation.

» Le bord postérieur du testicule est blanchâtre, lisse, consistant, et représente le commencement de l'épididyme uni au sommet du cloaque par une expansion du péritoine. La face inférieure du testicule, blanchâtre et lisse dans toute son étendue, est parcourue par les vaisseaux sanguins et par les conduits excréteurs de l'organe. C'est un épididyme très-étalé, d'où part le canal déférent, comme la tige d'une feuille de nymphæa s'implante

à sa face inférieure, en lui fournissant des nervures dans tous les sens. De là le canal déférent remonte jusqu'à la base du foie, enveloppé seulement par un repli du péritoine; après quoi il se pelotonne en zigzags unis par du tissu cellulaire ; il passe ensuite sous une espèce de prostate qui enveloppe ses circonvolutions, descend au côté interne du rein, en augmentant toujours de volume, et se termine par une dilatation considérable qui s'ouvre d'une part dans le cloaque, et de l'autre dans une vésicule séminale remplie d'un liquide jaunâtre très-abondant, contenant des zoospermes.

» D'après ce que je viens de dire du testicule de la raie, on voit qu'il n'est, pour ainsi dire, composé que de deux surfaces, dont la supérieure est presque entièrement couverte de mamelons, dus au développement des ampoules par lesquelles se terminent les canaux spermatiques, tandis que l'inférieure est tout entière formée par l'épididyme. Entre ces deux surfaces le trajet des canaux spermatiques doit être fort court, aussi est-ce dans les ampoules terminales que se forment les zoospermes ; et comme ce travail ne commence pas en même temps dans toutes ces parties à la fois, il est très-facile d'en suivre les progrès successifs. C'est ce précieux avantage que je me suis efforcé de mettre à profit.

» Chacun des mamelons blanchâtres de la surface supérieure du testicule, vu à la loupe, paraît composé d'une centaine d'ampoules; bien entendu que les plus blanches, quand on les observe par réflexion, sont précisément celles dont la teinte est plus noire, quand on les voit par transparence. Les ampoules qui constituent chaque mamelon, vues au grossissement de quarante fois, sont plus ou moins avancées, quoique d'un volume à peu près égal. Pour bien les observer, il faut éviter de les recouvrir d'une lame de verre quelque mince qu'elle soit, parce que ce poids si léger suffit pour causer la rupture de leur enveloppe délicate.

» Les plus transparentes de ces ampoules, examinées au grossissement de 377, sont de beaucoup plus petites que les autres, complétement vides et diaphanes dans tous les points. Ce sont celles dans lesquelles aucun travail n'a encore commencé à se manifester. D'autres, encore pellucides, laissent pourtant apercevoir à l'intérieur une foule de granulations presque diaphanes qui tapissent la face interne de la membrane. Un lambeau examiné isolément au grossissement de 810 diamètres, prouve que ces espèces de vésicules tiennent encore à la paroi interne de la membrane. Dans

une autre ampoule un peu plus avancée, ces granulations sont devenues opaques, et commencent à se grouper vers le centre; d'où il résulte qu'elles sont déjà détachées. Dans une autre, des groupes distincts commencent à se former; dans la suivante les groupes sont complétement isolés les uns des autres; enfin la dernière est presque toute noire par suite du développement des faisceaux de zoospermes : ils sont alors prêts à passer dans le canal spermatique.

» Les zoospermes contenus dans les ampoules qui commencent à devenir opaques, sont roulés sur eux-mêmes, de manière à faire croire qu'ils sont contenus dans une vésicule très mince; mais avec un grossissement de 810, et beaucoup d'attention, on voit que la partie la plus mince de la queue est ce qui simule la circonférence d'une vésicule. En ajoutant une goutte d'eau, on établit des courants qui font varier la position de ces zoospermes ainsi peletonnés, et ces changements permettent de voir la fin de la queue. Dans les ampoules un peu plus avancées, les zoospermes se déroulent de plus en plus, et prennent différentes formes, dont quelques-unes donnent à l'extrémité antérieure, enroulée sur elle-même, l'aspect d'une tête lenticulaire. Dans les ampoules parsemées de taches noires bien circonscrites, les zoospermes sont déjà réunis en fascicules nombreux, quoique l'extrémité antérieure ne soit pas encore complétement déroulée. Enfin, dans les ampoules les plus avancées, les zoospermes sont complétement allongés, et les fascicules sont réunis en faisceaux plus volumineux, qui ne sont séparés que par une petite quantité de liquide visqueux et transparent. C'est dans cet état qu'on les retrouve dans toute l'étendue du canal déférent, et même dans le cloaque, où ils sont encore unis en groupes nombreux; seulement ils ont des dimensions à peu près doubles de celles qu'on trouve dans le testicule de ceux qui ont acquis le plus grand développement, et ils exercent des mouvements ondulatoires très variés, quoiqu'ils soient encore très intimement unis.

» Les zoospermes qu'on trouve dans la vésicule séminale sont presque tous isolés; ce qui doit faire penser que le liquide jaunâtre fourni par cette poche sert à leur dissociation. Il est probable que, pendant la vie, ils n'arrivent au cloaque qu'après cette dilution; mais, après la mort, la moindre pression exercée sur des organes aussi distendus doit faire passer directement ces groupes dans le cloaque. L'addition d'une goutte d'eau permet de voir comment les zoospermes se séparent; c'est toujours par la queue

que le faisceau se dissocie, et ce n'est quelquefois qu'après de longs efforts que les têtes se trouvent complétement isolées : on en voit qui restent très-longtemps bout à bout avant de pouvoir se décoller. Quand les zoospermes sont isolés, ils s'agitent avec une grande vivacité, à la manière des reptiles, et par de rapides oscillations, principalement de la partie antérieure, qui est opaque; tandis que, quand ils sont réunis en groupes, c'est la partie mince et transparente, ou la queue, qui est la plus mobile.

» On n'observe jamais de mouvement dans les zoospermes de la raie provenant du testicule; mais, au contraire, vers la fin du canal déférent, on en trouve encore de vivants sur les individus dont la putréfaction exhale déjà une odeur insupportable. Leurs dimensions comparatives ont été prises à la *camera lucida* par M. Milne Edwards, qui a bien voulu vérifier une partie des détails indiqués ci-dessus.

» En résumé, les zoospermes de la raie se forment dans les ampoules qui terminent les vaisseaux spermatiques. Ils paraissent d'abord adhérents à la face interne de l'ampoule, soit dans une vésicule, soit en simulant une vésicule par leur enroulement. Quand ils sont libres, ils se déroulent successivement, en formant des figures très-variées, et commencent à se grouper en fascicules à mesure qu'ils se redressent. Ils forment des faisceaux plus nombreux, plus serrés encore, quand ils sont tout à-fait redressés. C'est dans cet état qu'ils parcourent tout le canal déférent, acquérant seulement des dimensions à peu près doubles, et des mouvements de plus en plus prononcés, malgré leur état d'agrégation, dû sans doute à la viscosité du véhicule. La dissociation ne commence qu'à l'aide du liquide fourni par la vésicule séminale. Ces détails viennent donc confirmer pleinement tout ce que j'ai dit (*Annales des Sc. nat.*, t. XV) de la production et des développements successifs des zoospermes, avec cette circonstance que les yeux peuvent suivre ce que l'analogie et le raisonnement avaient fait pressentir. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination et la réduction des intégrales dont les dérivées renferment une ou plusieurs fonctions implicites d'une même variable ; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

« Les formules générales que j'ai données, dans le *Compte rendu* de la séance du 17 mai, pour la détermination et la transformation des inté-

grales définies ou indéfinies, peuvent être facilement étendues, comme je l'ai dit, au cas où les dérivées des intégrales renferment une ou plusieurs fonctions implicites de la variable $x$ à laquelle l'intégration se rapporte. L'extension dont il s'agit est l'objet du nouveau Mémoire que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie.

» Je considère d'abord le cas général où la variable $x$ est liée à d'autres variables

$$y, z, \ldots, t,$$

par des équations algébriques ou transcendantes, en vertu desquelles les variables $y$, $z, \ldots$, $t$ deviennent des fonctions implicites de $x$. Si ces mêmes équations permettent d'exprimer en fonctions continues des seules variables $x$, $t$, chacune des variables $y, z, \ldots$, les principes établis dans le précédent Mémoire fourniront le moyen de déterminer ou de transformer une intégrale dont la dérivée serait fonction continue de toutes les variables, ou du moins la somme $s$ des valeurs de cette intégrale qui correspondront aux diverses valeurs de la variable $x$ considérée comme fonction de $t$. On doit surtout remarquer le cas où une seule des équations données renferme la variable $t$, et où les autres équations renferment seulement les variables $y, z, \ldots$ considérées comme fonctions implicites de $x$. Dans ce cas, et sous les conditions indiquées par le calcul des résidus, la somme $s$ s'obtient en termes finis, et se trouve exprimée par des fonctions algébriques et logarithmiques de $t$. La formule qui la détermine comprend elle-même, comme cas particuliers, les belles formules d'Euler, de Lagrange et d'Abel, relatives aux transcendantes elliptiques et aux intégrales dont les dérivées renferment les racines d'une équation algébrique, par exemple, la formule à laquelle Abel est parvenu dans le Mémoire couronné par l'Académie. Pour tirer ces diverses formules de celle que j'ai obtenue, il suffit de réduire les équations données à des équations algébriques, et les diverses fonctions implicites à une seule, par exemple à un seul radical du second degré ou d'un degré plus élevé. Mais il importe d'observer que je détermine la somme $s$, lors même que les équations données deviennent transcendantes, et lorsque la dérivée de l'intégrale que l'on considère renferme plusieurs fonctions implicites de la variable $x$, par exemple, plusieurs radicaux de même degré ou de degrés inégaux.

§ I^er. *Considérations générales.*

» Supposons la variable $x$ liée à d'autres variables

$$y, z, \ldots, t$$

par les équations algébriques ou transcendantes

$$(1) \qquad Y = 0, \quad Z = 0, \ldots, \quad T = 0,$$

dont le nombre est égal au nombre de ces autres variables. On pourra considérer les variables $y, z, \ldots, t$ comme des fonctions implicites de $x$; et, après avoir substitué leurs valeurs tirées des équations (1) dans une fonction

$$f(x, y, z, \ldots, t)$$

de toutes les variables, on pourra chercher la valeur de l'intégrale

$$(2) \qquad \mathfrak{X} = \int_{\xi}^{x} f(x, y, z, \ldots, t)\, dx,$$

$\xi$ désignant une valeur particulière de la variable $x$.

» Supposons maintenant qu'en vertu des équations (1) on puisse exprimer, en fonctions continues des deux variables $x$, $t$, les autres variables

$$y, z, \ldots,$$

et que l'élimination de ces dernières variables entre les équations (1) produise l'équation résultante

$$(3) \qquad F(x, t) = 0.$$

Si, dans l'intégrale (2), on substitue à la variable principale $x$ la variable $t$, liée à $x$ par l'équation (3), et si l'on fait, pour abréger,

$$\Phi(x, t) = D_x F(x, t), \quad \Psi(x, t) = D_t F(x, t),$$

on trouvera

$$(4) \qquad \mathfrak{X} = -\int_{\tau}^{t} \frac{\Psi(x, t)}{\Phi(x, t)} f(x, y, z, \ldots, t)\, dt,$$

$\tau$ désignant une valeur particulière de $t$, à laquelle est censée correspondre la valeur particulière $\xi$ de la variable $x$. D'ailleurs les limites $\tau, t$ devront être suffisamment rapprochées pour que $t$ reste fonction continue de $x$, et $x$ de $t$, entre les limites de l'intégration.

» Concevons maintenant que l'équation (3), résolue par rapport à $x$, fournisse plusieurs racines, c'est-à-dire plusieurs valeurs

$$x_1, x_2, x_3, \ldots,$$

de la variable $x$ considérée comme fonction de $t$. Nommons

$$y_1, y_2, y_3, \ldots; z_1, z_2, z_3, \ldots; \text{ etc.}$$

les valeurs correspondantes de la variable $y$, de la variable $z$, etc.; et

$$s = -\int_\tau^t \frac{\Psi(x_1, t)}{\Phi(x_1, t)} f(x_1, y_1, z_1, \ldots, t)\, dt - \text{etc.}$$

la somme des valeurs correspondantes de l'intégrale $\mathfrak{X}$. On pourra présenter la valeur de $s$ sous la forme

$$(5) \qquad s = -\int_\tau^t \mathcal{E} \frac{\Psi(x, t) f(x, y, z, \ldots, t)}{((F(x, t)))}\, dt,$$

ou, ce qui revient au même, sous la forme

$$(6) \qquad \begin{cases} s = \displaystyle\int_\tau^t \mathcal{E} \frac{((\Phi(x, t) f(x, y, z, \ldots, t)))}{F(x, t)}\, dt \\ \quad - \displaystyle\int_\tau^t \mathcal{E} \frac{((\Psi(x, t) f(x, y, z, \ldots, t)))}{F(x, t)}\, dt. \end{cases}$$

» La formule (6) comprend, comme cas particulier, une formule analogue, que j'ai donnée dans le *Compte rendu* de la séance du 17 mai, et s'applique pareillement à la détermination ou à la transformation d'une multitude d'intégrales définies ou indéfinies. Entre les applications que l'on en peut faire, on doit remarquer celles qui se rapportent au cas où, parmi les équations (1), une seule, savoir,

$$T = 0,$$

renferme la variable $t$, les autres

$$Y = 0, \quad Z = 0, \ldots,$$

servant à déterminer $y, z, \ldots$ en fonction de $x$. Si, dans ce même cas, on suppose la fonction

$$f(x, y, z, \ldots, t)$$

indépendante de $t$, les équations (2) et (6) se réduiront à

$$\mathfrak{X} = \int_{\xi}^{x} f(x, y, z, \ldots)\, dx, \tag{7}$$

$$\begin{cases} s = \int_{\tau}^{t} \mathcal{E}\frac{((\Psi(x,t)\, f(x,y,z,\ldots)))}{F(x,t)}\, dt \\ \quad - \int_{\tau}^{t} \mathcal{E}\left(\left(\frac{\Psi(x,t)\, f(x,y,z,\ldots)}{F(x,t)}\right)\right) dt; \end{cases} \tag{8}$$

et, si d'ailleurs le rapport

$$\frac{\Psi(x,t)}{F(x,t)}$$

ne devient infini que pour des valeurs nulles de $F(x, t)$, on aura

$$\mathcal{E}\frac{((\Psi(x,t)\, f(x,y,z,\ldots,t)))}{F(x,t)} = \mathcal{E}\frac{\Psi(x,t)}{F(x,t)}((f(x,y,z,\ldots))).$$

en sorte que la formule (8) donnera

$$\begin{cases} s = \mathcal{E}((f(x,y,z,\ldots)))\ 1\left\{\frac{F(x,t)}{F(x,\tau)}\right\} \\ \quad - \int_{\tau}^{t} \mathcal{E}\left(\left(\frac{\Psi(x,t)\, f(x,y,z,\ldots)}{F(x,t)}\right)\right) dt. \end{cases} \tag{9}$$

Ajoutons que le facteur

$$f(x, y, z, \ldots)$$

pourra être considéré comme une fonction de la seule variable $x$, dont les variables

$$y, z, \ldots$$

seront elles-mêmes, par hypothèse, des fonctions continues, du moins

entre les limites des intégrations ; et que, si l'on pose en conséquence

$$f(x, y, z, \ldots) = \varpi(x),$$

on aura, sous les conditions indiquées par le calcul des résidus,

$$\mathcal{E}\left(\left(\frac{\Psi(x,t)\varpi(x)}{F(x,t)}\right)\right) = \mathcal{E}\frac{\Psi\left(\frac{1}{x}, t\right)\varpi\left(\frac{1}{x}\right)}{((x^0))F\left(\frac{1}{x}, t\right)}.$$

Cela posé, la formule (9) donnera simplement

$$(10) \qquad s = \mathcal{E}((\varpi(x)))\ l\left\{\frac{F(x,t)}{F(x,\tau)}\right\} - \mathcal{E}\frac{\varpi\left(\frac{1}{x}\right)}{((x^0))}\ l\left\{\frac{F\left(\frac{1}{x}, t\right)}{F\left(\frac{1}{x}, \tau\right)}\right\}.$$

» La formule (10) comprend, comme cas particuliers, les beaux théorèmes d'Euler et d'Abel sur les intégrales dont les dérivées renferment des radicaux du second degré, ou plus généralement des racines d'équations algébriques. Nous pourrions appliquer immédiatement la formule (10) à divers exemples. Mais les applications deviendront plus faciles, quand le second membre sera présenté sous une autre forme que nous donnerons dans le paragraphe suivant.

§ II. *Méthode abrégée pour la sommation des valeurs d'une intégrale dont la dérivée renferme plusieurs fonctions implicites de la variable x.*

» Soit $f(x)$ une fonction donnée de la variable $x$. Si à cette variable $x$ on substitue une autre variable $t$ liée à $x$ par l'équation

$$(1) \qquad F(x, t) = 0;$$

alors, en nommant $\Phi(x, t)$, $\Psi(x, t)$ les deux dérivées partielles de la fonction $F(x, t)$ relatives aux deux variables $x$, $t$, et

$$\tau, \xi,$$

deux valeurs particulières correspondantes de ces mêmes variables, on

aura

$$(2) \qquad \int_{\xi}^{x} f(x)\,dx = -\int_{\tau}^{t} \frac{\Psi(x,t)}{\Phi(x,t)} f(x)\,dt.$$

Si d'ailleurs on représente par

$$x_1, \quad x_2, \ldots$$

les diverses racines de l'équation (1), c'est-à-dire les diverses valeurs de la variable $x$, considérée comme fonction de $t$ en vertu de cette même équation, et si l'on pose pour abréger

$$(3) \quad s = \int_{\xi_1}^{x_1} f(x)\,dx + \int_{\xi_2}^{x_2} f(x)\,dx + \ldots = \Sigma \int_{\xi}^{x} f(x)\,dx,$$

$\xi_1, \xi_2, \ldots$ étant les valeurs de $x_1, x_2, \ldots$ qui correspondent à $t = \tau$; on aura

$$(4) \qquad s = -\int_{\tau}^{t} \mathcal{E} \frac{\Psi(x,t)}{((F(x,t)))} f(x)\,dt;$$

puis, en supposant que le rapport

$$\frac{\Psi(x,t)}{F(x,t)}$$

ne devienne infini qu'avec

$$\frac{1}{F(x,t)},$$

on tirera de la formule (4)

$$(5) \quad s = \mathcal{E}((f(x))) \int_{\tau}^{t} \frac{\Psi(x,t)}{F(x,t)}\,dt - \int_{\tau}^{t} \mathcal{E}\left(\left(f(x)\frac{\Psi(x,t)}{F(x,t)}\right)\right) dt,$$

ou, ce qui revient au même,

$$(6) \quad \Sigma \int_{\xi}^{x} f(x)\,dx = \mathcal{E}((f(x)))\,1\left\{\frac{F(x,t)}{F(x,\tau)}\right\} - \int_{\tau}^{t} \mathcal{E}\left(\left(f(x)\frac{\Psi(x,t)}{F(x,t)}\right)\right) dt.$$

On ne doit pas oublier que, dans la formule (6), la sommation indiquée par le signe $\Sigma$ s'étend aux diverses valeurs de $x$ qui vérifient l'équation (1).

» Pour que la formule (6) subsiste, il n'est pas nécessaire que la dérivée de l'intégrale

$$\int_{\xi}^{x} f(x)\,dx,$$

représentée par $f(x)$, soit une fonction explicite de la variable $x$; et l'on pourrait, dans la formule dont il s'agit, remplacer $f(x)$ par une fonction continue

$$f(x, y, z, \ldots)$$

de la variable $x$ et d'autres variables $y$, $z, \ldots$ qui seraient elles-mêmes des fonctions de $x$ déterminées par certaines équations.

» Supposons d'abord, pour plus de simplicité, que, dans la formule (6), on remplace $f(x)$ par $f(x, y)$, $y$ étant une fonction de $x$, liée à $x$ par une certaine équation

$$(7) \qquad Y = 0,$$

dont le premier membre renferme $x$ et $y$. Supposons d'ailleurs qu'à l'équation (7) on joigne une autre équation de la forme

$$(8) \qquad \mathcal{F}(x, y, t) = 0$$

dont le premier membre soit fonction de $y$ et de la nouvelle variable $t$. Si l'on nomme

$$y_1, y_2, y_3, \ldots$$

les diverses racines de l'équation (7) résolue par rapport à $y$, c'est-à-dire, les diverses fonctions de $x$ que cette équation donne pour valeurs de $y$, on pourra, dans la formule (6), remplacer successivement le facteur

$$f(x)$$

par chacune des fonctions

$$f(x, y_1), \quad f(x, y_2), \quad \text{etc.},$$

pourvu que l'on y remplace en même temps

$$F(x, t)$$

par l'une des fonctions

$$\mathcal{F}(x, y_1, t), \quad \mathcal{F}(x, y_2, t), \quad \text{etc.....}$$

On trouvera, par exemple,

$$(9) \quad \begin{cases} \Sigma \int_{\xi}^{x} f(x, y_1)\, dx = \mathcal{L}((f(x, y_1)))\, l \left\{ \frac{\mathcal{F}(x, y_1, t)}{\mathcal{F}(x, y_1, \tau)} \right\} \\ \qquad\qquad - \int_{\tau}^{t} \mathcal{L}((f(x, y_1)\, D_t\, l\, \mathcal{F}(x, y_1, t)))\, dt, \end{cases}$$

le signe $\Sigma$ étant relatif aux seules valeurs de $x$ qui vérifieront l'équation

$$\mathcal{F}(x, y_1, t) = 0.$$

Cela posé, combinons entre elles, par voie d'addition, la formule (9) et les formules analogues. Nommons

$$s$$

la somme totale des valeurs de l'intégrale

$$\int_{\xi}^{x} f(x, y)\, dx,$$

correspondantes non-seulement aux diverses valeurs $y_1, y_{11}, \ldots$ de $y$ considérée comme fonction de $x$, mais encore, pour chaque valeur de $y$, aux diverses valeurs de $x$ qui vérifient l'équation (8), en sorte qu'on ait

$$(10) \qquad s = \Sigma \int_{\xi}^{x} f(x, y_1)\, dx + \Sigma \int_{\xi}^{x} f(x, y_{11})\, dx + \text{etc.},$$

le signe $\Sigma$ se rapportant, dans le premier terme de la valeur de $s$, aux seules valeurs de $x$ qui vérifient l'équation

$$\mathcal{F}(x, y_1, t) = 0;$$

dans le second terme, aux seules valeurs de $x$ qui vérifient l'équation

$$\mathcal{F}(x, y_{11}, t) = 0,$$

etc.... Enfin posons, pour abréger,

$$(11) \quad f(x, y_1)\, l\, \mathcal{F}(x, y_1, t) + f(x, y_{11})\, l\, \mathcal{F}(x, y_{11}, t) + \ldots = \Pi(x, t).$$

On trouvera

$$(12)\qquad \begin{cases} s = \mathcal{E}((\mathrm{f}(x, y_1)))\, l\left\{\dfrac{\mathfrak{F}(x, y_1, t)}{\mathfrak{F}(x, y_1, \tau)}\right\} + \mathcal{E}((\mathrm{f}(x, y_{11}))\, l\left\{\dfrac{\mathfrak{F}(x, y_{11}, t)}{\mathfrak{F}(x, y_{11}, \tau)}\right\} + \cdots \\ \qquad\qquad - \int_\tau^t \mathcal{E}((\mathrm{D}_t l\,\Pi(x, t)))\, dt. \end{cases}$$

Pour plus de simplicité, on peut écrire

$$(13)\qquad s = \mathcal{E}((\Pi(x, t) - \Pi(x, \tau))) - \int_\tau^t \mathcal{E}((\mathrm{D}_t l\,\Pi(x, t)))\, dt,$$

pourvu que, dans l'expression

$$\mathcal{E}((\Pi(x, t) - \Pi(x, \tau))),$$

on étende l'extraction de résidus indiquée par le signe $\mathcal{E}$ aux seules valeurs de $x$ qui rendent infinies les fonctions

$$\mathrm{f}(x, y_1), \quad \mathrm{f}(x, y_{11}), \ldots$$

» Il est bon d'observer qu'en vertu de la formule (11),

$$\mathrm{D}_t l\,\Pi(x, t)$$

sera une fonction symétrique des racines de l'équation (7). On aura donc par suite, sous les conditions indiquées par le calcul des résidus,

$$(14)\qquad \mathcal{E}((\mathrm{D}_t l\,\Pi(x, t))) = \mathcal{E}\frac{\mathrm{D}_t l\,\Pi\left(\frac{1}{x}, t\right)}{((x^2))}.$$

Or, de la formule (13), jointe à la formule (14), on tirera

$$(15)\qquad s = \mathcal{E}((\Pi(x, t) - \Pi(x, \tau))) - \mathcal{E}\frac{\Pi\left(\frac{1}{x}, t\right) - \Pi\left(\frac{1}{x}, \tau\right)}{((x^2))}.$$

» Supposons maintenant que, dans la formule (6), on remplace $\mathrm{f}(x)$ par

$$\mathrm{f}(x, y, z, \ldots),$$

$y, z...$ étant des fonctions de $x$, liées à $x$ par certaines équations

$$(16) \qquad Y = 0, \quad Z = 0, \ldots\ldots$$

Supposons d'ailleurs qu'à l'équation (7) on joigne une autre équation de la forme

$$(17) \qquad \mathfrak{f}(x, y, z, \ldots\ldots, t) = 0,$$

dont le premier membre soit fonction de $y, z, \ldots$ et de la nouvelle variable $t$. Si l'on nomme $s$ la somme des valeurs de l'intégrale

$$\int_{\xi}^{x} f(x, y, z, \ldots) dx,$$

correspondantes, non-seulement aux divers systèmes des valeurs de $y, z, \ldots$, considérées comme fonctions de $x$, mais aussi aux diverses valeurs que fournira l'équation (17) pour la variable $x$ considérée comme fonction de $t$; alors, par une marche entièrement semblable à celle que nous avons suivie tout-à-l'heure, on arrivera encore aux formules (13) et (15), pourvu que l'on pose

$$(18) \qquad \Pi(x, t) = \Sigma f(x, y, z, \ldots) \mathrm{l}\mathfrak{f}(x, y, z, \ldots\ldots, t),$$

la sommation que le signe $\Sigma$ indique s'étendant aux divers systèmes de valeurs de $y, z, \ldots\ldots$, qui vérifient les équations (16).

### § III. *Exemples.*

» Nous donnerons, dans d'autres mémoires, de nombreuses applications des formules ci-dessus établies et en particulier de la formule (15) du § II. Aujourd'hui, pour mieux constater l'exactitude de cette formule, nous nous bornerons à en déduire quelques théorèmes déjà connus, ou quelques résultats que l'on puisse aisément vérifier à l'aide des méthodes d'intégration généralement adoptées.

» Supposons d'abord que l'équation (7) du § II se réduise à

$$(1) \qquad y^n = X,$$

X étant une fonction entière de la seule variable $x$. Supposons encore que le premier membre $\mathcal{F}(x, y, t)$ de l'équation

$$\mathcal{F}(x, y, t) = 0 \tag{2}$$

soit une fonction entière des variables $x$, $y$, et que l'on ait

$$f(x, y) = \frac{f(x)}{y}, \tag{3}$$

$f(x)$ désignant une fonction rationnelle de la variable $x$. Les diverses racines

$$y_{I}, \; y_{II}, \; y_{III}, \cdots$$

de l'équation (1) seront respectivement proportionnelles aux diverses racines $n^{ièmes}$ de l'unité; d'où il suit que leurs puissances positives ou négatives, du degré $m$ ou du degré $-m$, offriront une somme nulle, quand $m$ sera un entier non divisible par $n$, en sorte qu'on aura, par exemple,

$$\frac{1}{y_{I}} + \frac{1}{y_{II}} + \ldots = 0. \tag{4}$$

D'ailleurs, si l'on pose, pour abréger,

$$\varpi(x, t) = \frac{1}{y_{I}} l\, \mathcal{F}(x, y_{I}, t) + \frac{1}{y_{II}} l\, \mathcal{F}(x, y_{II}, t) + \ldots, \tag{5}$$

la formule (11) du § II donnera

$$\Pi(x, t) = f(x)\varpi(x, t); \tag{6}$$

et, comme de l'équation (5), combinée avec la formule (4), on tirera

$$\varpi(x, t) = \frac{1}{y_{I}} l \left\{ \frac{\mathcal{F}(x, y_{I}, t)}{\mathcal{F}(x, 0, t)} \right\} + \frac{1}{y_{II}} l \left\{ \frac{\mathcal{F}(x, y_{II}, t)}{\mathcal{F}(x, 0, t)} \right\} + \ldots,$$

il est clair que la fonction $\varpi(x, t)$ ne deviendra point infinie avec les facteurs

$$\frac{1}{y_{I}}, \quad \frac{1}{y_{II}}, \ldots\ldots$$

De cette remarque, jointe à l'équation (6), on conclura que, dans la for-

mule (15) du § I^er^, l'expression

$$\mathcal{E}((\Pi(x,t)-\Pi(x,\tau)))$$

peut être réduite à

$$\mathcal{E}[\varpi(x,t)-\varpi(x,\tau)]((f(x))).$$

Donc, en vertu de cette même formule, la valeur de la somme

$$s=\Sigma\int_{\xi}^{x} f(x,y)\,dx=\Sigma\int_{\xi}^{x} f(x)\frac{dx}{y} \tag{7}$$

sera

$$\begin{cases}\Sigma\int_{\xi}^{x} f(x)\frac{dx}{y}=\mathcal{E}[\varpi(x,t)-\varpi(x,\tau)]((f(x)))\\ \qquad -\mathcal{E}\,\frac{\varpi\left(\frac{1}{x},t\right)-\varpi\left(\frac{1}{x},\tau\right)}{((x^2))}\left(\left(f\left(\frac{1}{x}\right)\right)\right).\end{cases} \tag{8}$$

On ne devra pas oublier que, dans le premier membre de la formule (8), la sommation indiquée par le signe $\Sigma$ s'étend, non-seulement, à toutes les valeurs de $y$ qui vérifient l'équation (1), mais aussi, pour chacune de ces valeurs de $y$, à toutes les valeurs de $x$ qui vérifient l'équation (2).

» Si, dans la formule (8), on pose en particulier

$$f(x)=\frac{1}{x-a},$$

$a$ désignant une constante arbitrairement choisie, on trouvera simplement

$$\Sigma\int_{\xi}^{x}\frac{dx}{(x-a)y}=\varpi(a,t)-\varpi(a,\tau). \tag{9}$$

» Enfin, si l'on prend $n=2$, on aura, dans les formules (8) et (9),

$$\varpi(x,t)=\frac{1}{y_{,}}\mathrm{l}\vartheta(x,y_{,},t)+\frac{1}{y_{,,}}\mathrm{l}\vartheta(x,y_{,,},t),$$

ou, ce qui revient au même,

$$\varpi(x,t)=\frac{1}{\sqrt{\mathrm{X}}}\mathrm{l}\left\{\frac{\vartheta(x,\sqrt{\mathrm{X}},t)}{\vartheta(x,-\sqrt{\mathrm{X}},t)}\right\}. \tag{10}$$

» La formule (8) coïncide au fond avec celles que renferme un Mémoire de M. Broch, inséré dans le tome XX du Journal de M. Crelle, savoir, lorsque $n$ est un nombre pair, avec la formule (58) de ce Mémoire, et lorsque $n$ est un nombre impair, avec la formule (59) [*ibidem*]. Le cas particulier où l'on suppose $n = 2$ est celui qu'Abel avait déjà traité [voir le tome I^er^ des OEuvres d'Abel, Mémoire XV^e^]. Ajoutons que, dans le cas où les fonctions implicites de $x$, représentées par $y$, $z$,..., se réduisent à une seule, et où

$$Y, \quad \mathfrak{F}(x, y, t)$$

sont des fonctions entières des variables $x$, $y$, la fonction

$$f(x, y)$$

étant elle-même une fonction rationnelle de ces variables, la valeur de la somme $s$ pourrait être déterminée à l'aide d'une formule qui a été donnée par Abel dans le Mémoire couronné, et qui doit nécessairement s'accorder avec la formule (15) du § II.

» Lorsque $f(x)$ se réduit à une fonction entière de $x$, dont le degré, augmenté d'une unité, reste inférieur à la moitié du degré de la fonction X; la formule (8) donne simplement

$$\sum \int_{\xi}^{x} f(x) \frac{dx}{y} = 0. \tag{11}$$

Cette dernière formule comprend, comme cas particulier, le théorème d'Euler relatif à l'intégration de l'équation

$$\frac{dx}{\sqrt{\varpi(x)}} + \frac{dy}{\sqrt{\varpi(y)}} = 0,$$

dans laquelle $\varpi(x)$ représente une fonction entière de $x$ du quatrième degré.

» Concevons maintenant que l'on veuille se servir de la formule (15) du § II pour déterminer la somme $s$ des diverses valeurs d'une intégrale dont la dérivée renferme deux fonctions implicites $y$, $z$ de la variable principale $x$; et, pour donner un exemple de cette détermination dans un cas très simple, supposons que l'on ait

$$y^2 = \alpha + x, \qquad z^2 = \alpha - x, \tag{12}$$

$\alpha$ désignant une quantité positive. Supposons encore que la variable principale $x$ soit liée à la nouvelle variable $t$ par l'équation

$$y - z = t, \tag{13}$$

et que l'intégration relative à $t$ s'effectue entre deux limites positives dont la plus grande ne dépasse pas $\sqrt{2\alpha}$. Comme on tirera des équations (12) et (13)

$$x^2 = t^2\left(\alpha - \frac{t^2}{4}\right), \tag{14}$$

et par suite

$$x = t\left(\alpha - \frac{t^2}{4}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{ou} \quad x = -t\left(\alpha - \frac{t^2}{4}\right)^{\frac{1}{2}}, \tag{15}$$

l'intégration relative à $x$ s'effectuera elle-même entre deux limites ou positives, ou négatives, mais dont les valeurs numériques ne dépasseront pas le nombre $\alpha$. Ajoutons que l'on déduira de la première des formules (12) deux valeurs de $y$, savoir,

$$y = \sqrt{\alpha + x}, \qquad y = -\sqrt{\alpha + x},$$

et de la seconde des formules (12) deux valeurs de $z$, savoir

$$z = \sqrt{\alpha - x}, \qquad z = -\sqrt{\alpha - x}.$$

Or, $t$ restant, par hypothèse, positif et inférieur à $\sqrt{2\alpha}$, il faudra, pour vérifier l'équation (13), supposer nécessairement ou

$$y = \sqrt{\alpha + x}, \quad z = \sqrt{\alpha - x}, \quad x = t\left(\alpha - \frac{t^2}{4}\right)^{\frac{1}{2}},$$

ou

$$y = -\sqrt{\alpha + x}, \quad z = -\sqrt{\alpha - x}, \quad x = -t\left(\alpha - \frac{t^2}{4}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Mais l'équation (13) ne pourra plus être vérifiée, si l'on y suppose

$$y = \sqrt{\alpha + x}, \qquad z = -\sqrt{\alpha - x},$$

ou bien

$$y = -\sqrt{\alpha + x}, \qquad z = \sqrt{\alpha - x}.$$

Cela posé, soit

$$f(x, y, z)$$

une fonction rationnelle quelconque de $x$, $y$, $z$, et faisons pour abréger

$$\xi = \tau\left(a - \frac{\tau^2}{4}\right)^{\frac{1}{2}}, \quad \Xi = t\left(a - \frac{t^2}{4}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

La somme

$$s = \Sigma \int_{\xi}^{x} f(x, y, z)\, dx$$

des valeurs de l'intégrale

$$\int_{\xi}^{x} f(x, y, z)\, dx$$

qui correspondent non-seulement aux diverses valeurs de $y$ et de $z$ tirées des formules (12), mais aussi, pour chaque système de valeurs de $y$ et de $z$, aux diverses valeurs de $x$ tirées de la formule (13), se réduira simplement à

$$s = \int_{\xi}^{\Xi} f(x, \sqrt{a+x}, \sqrt{a-x})\, dx + \int_{-\xi}^{-\Xi} f(x, -\sqrt{a+x}, -\sqrt{a-x})\, dx,$$

ou, ce qui revient au même, à

$$s = \int_{\xi}^{\Xi} \left[ f(x, \sqrt{a+x}, \sqrt{a-x}) - f(-x, -\sqrt{a-x}, -\sqrt{a+x}) \right] dx.$$

Telle est la somme dont l'équation (15) du § II déterminera la valeur. En d'autres termes, on aura

$$(16)\quad s = \int_{\xi}^{x} \left[ f(x, \sqrt{a+x}, \sqrt{a-x}) - f(-x, -\sqrt{a-x}, -\sqrt{a+x}) \right] dx,$$

les limites $\xi$, $x$ de l'intégration relative à $x$ étant liées à $t$ et à $\tau$ par les formules

$$(17)\qquad \xi = \tau\left(a - \frac{\tau^2}{4}\right)^{\frac{1}{2}}, \quad x = t\left(a - \frac{t^2}{4}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

» Si, pour fixer les idées, on prend

$$f(x, y, z) = \frac{f(x)}{y + z},$$

$f(x)$ étant une fonction rationnelle de $x$; alors, en posant, pour abréger,

$$(18)\quad \begin{cases} \varpi(x,t) = \dfrac{1}{\sqrt{a+x} + \sqrt{a-x}}\, l\left\{\dfrac{\sqrt{a+x} - \sqrt{a-x} - t}{\sqrt{a+x} - \sqrt{a-x} + t}\right\} \\ \qquad + \dfrac{1}{\sqrt{a+x} - \sqrt{a-x}}\, l\left\{\dfrac{\sqrt{a+x} + \sqrt{a-x} - t}{\sqrt{a+x} + \sqrt{a-x} + t}\right\}, \end{cases}$$

on tirera de la formule (15) du § II

$$(19)\quad \begin{cases} \displaystyle\int_\xi^x \frac{f(x) + f(-x)}{\sqrt{a+x} + \sqrt{a-x}}\, dx = a^{\frac{1}{2}} f(0)\, l\left\{\frac{2\sqrt{a} - t}{2\sqrt{a} + t}\,\frac{2\sqrt{a} + \tau}{2\sqrt{a} - \tau}\right\} \\ + \mathcal{E}[\varpi(x,t) - \varpi(x,\tau)]((f(x))) - \mathcal{E}\dfrac{\left\{\varpi\left(\frac{1}{x}, t\right) - \varpi\left(\frac{1}{x}, \tau\right)\right\} f\left(\frac{1}{x}\right)}{((x^2))}. \end{cases}$$

» Si l'on pose, en particulier, $f(x) = 1$, on trouvera

$$(20)\quad \int_\xi^x \frac{dx}{\sqrt{a+x} + \sqrt{a-x}} = t - \tau + \frac{a^{\frac{1}{2}}}{2}\left(l\frac{2\sqrt{a} - t}{2\sqrt{a} + t} - l\frac{2\sqrt{a} - \tau}{2\sqrt{a} + \tau}\right),$$

$x$ étant toujours lié à $t$, et $\xi$ à $\tau$, par les formules (17), ou, ce qui revient au même, par les suivantes :

$$(21)\quad t = \sqrt{a+x} - \sqrt{a-x}, \quad \tau = \sqrt{a+\xi} - \sqrt{a-\xi}.$$

Il est d'ailleurs facile de vérifier l'exactitude de la formule (20), soit à l'aide des méthodes d'intégration généralement suivies, soit même à l'aide de la seule différentiation de ses deux membres. »

---

## MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur de nouveaux acides de la série draconique; par* M. AUG. LAURENT.

(Commission précédemment nommée.)

« Dans mon Mémoire sur le phényle, j'ai donné un exemple d'une substitution de l'hydrogène opérée à la fois par le brome et par l'acide hyponitrique. Dans celui-ci je donne quatre nouveaux exemples de substitutions analogues, ce sont :

» 1°. L'*acide chloro-draconésique*. On l'obtient en faisant agir le chlore sur l'acide draconique; il est cristallisé, volatil sans décomposition, et il forme, avec les bases, des sels qui ont la plus grande analogie avec les draconates. Sa formule est

$$C^{61}H^{22}Cl^{4}O^{10} + 2H^{2}O;$$

elle représente celle de l'essence d'estragon dont une partie de l'hydrogène a été remplacée par de l'oxigène et par du chlore; ou bien celle de l'acide draconique dont 4 atomes d'hydrogène ont été remplacés par 4 at. de chlore;

» 2°. L'*acide bromo-draconésique*. On l'obtient en faisant chauffer l'acide draconique avec du brome. Par la sublimation il donne des lamelles rectangulaires blanches très-belles.

» Sa composition ressemble à celle de l'acide précédent. Elle se représente par

$$C^{61}H^{22}Br^{4}O^{10} + 2H^{2}O;$$

» 3°. L'*acide nitro-chloro-draconésique*. On le prépare en traitant l'acide nitro-draconasique par le chlore. Sa formule se représente par

$$C^{46}H^{22}Cl^{2}Az^{2}O^{14} + 2H^{2}O;$$

c'est celle de l'essence d'estragon dont 9 équivalents d'hydrogène ont été remplacés par 7 éq. d'oxigène, 1 éq. d'acide hyponitrique et 1 éq. de chlore.

» C'est le premier exemple d'une substitution aussi compliquée.

» 4°. L'*acide nitro-bromo-draconésique*. Il se prépare en faisant chauffer

du brome avec l'acide nitro-draconasique. Sa formule est

$$C^{64}H^{22}Br^{2}Az^{2}O^{14} + 2H^{2}O.$$

» L'essence d'estragon donne donc naissance à sept acides dont la composition est en apparence très compliquée. Ces acides se ressemblent au plus haut degré. Ils sont tous presque insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool et dans l'éther. Tous peuvent se sublimer sans se décomposer. Leur point de fusion varie de 175 à 200°. Avec les oxides, ils forment des sels qui sont tous également solubles ou insolubles, cristallisables, et qui renferment 2 atomes de base. La cause de cette analogie se découvre facilement en remplaçant les atomes par les équivalents, et en admettant que l'azote est à l'état d'acide hyponitrique ($A^{2}O^{4} = X$) dans les composés nitrogénés. La cause de cette analogie réside, comme je l'ai annoncé le premier, dans la structure de ces composés, qui n'a pas varié malgré leurs transformations successives. Voici le tableaux de ces combinaisons représentées avec les équivalents :

| | | |
|---|---|---|
| Essence d'estragon..... | $C^{32}H^{20}O^{3}$, | |
| Acide draconique..... | $C^{32}H^{13}O^{7}O^{3}$ | + 2Aq, |
| Acide nitro-draconasique..... | $C^{32}H^{12}XO^{7}O^{3}$ | + 2Aq, |
| Acide nitro-draconésique..... | $C^{32}H^{11}X^{2}O^{7}O^{3}$ | + 2Aq, |
| Acide chloro-draconésique..... | $C^{32}H^{11}Cl^{2}O^{7}O^{3}$ | + 2Aq, |
| Acide bromo-draconésique..... | $C^{32}H^{11}Br^{2}O^{7}O^{3}$ | + 2Aq, |
| Acide nitro-chloro-draconésique. | $C^{32}H^{11}XClO^{7}O^{8}$ | + 2Aq, |
| Acide nitro-bromo-draconésique. | $C^{32}H^{11}XBrO^{7}O^{3}$ | + 2Aq, |
| Sels..... | $C^{32}(H,X,Br,Cl,O,^{20}O^{3}$ | + 2B. |
| Acide sulfo-draconique..... | $C^{32}H^{20}O^{3}$ | + $2So^{3}$? |
| Chloro-draconyle..... | $C^{32}H^{14}Cl^{6}O^{3}$ | |
| Perchloro-draconyle..... | $C^{32}H^{15}Cl^{5}O^{3}$ | + 2Cl. » |

M. **Jaume Saint-Hilaire** adresse un Mémoire ayant pour titre : *Expériences et observations sur la croissance des arbres, commencées en* 1743 *par* Duhamel du Monceau, *continuées par son neveu* Fougeroux de Bondaroy, *par* Fougeroux de Denainvilliers, *son arrière-neveu, et par* M. Jaume Saint-Hilaire, *pendant les années* 1822 et 1835.

(Commissaires, MM. de Mirbel, Ad. Brongniart.)

M. **Beaujot**, directeur des fours à chaux d'Essone (Seine-et-Oise), prie

l'Académie de faire examiner un *ciment artificiel* qu'il a composé avec des matières premières qui se trouvent dans les environs d'Essone.

« Ce ciment, dit M. Beaujot, peut être immergé dès que la prise commence, et même être exposé aussitôt à un courant rapide. Une pelote de ce ciment, mise sous le jet d'une pompe au moment où elle n'avait acquis que le degré de troisième consistance, et où elle était encore chaude, a pris corps promptement, malgré le choc de l'eau tombant avec force d'un tuyau de $0^{m},05$ de diamètre. »

Un échantillon de ce ciment est joint à la Lettre de M. Beaujot.

(Commission nommée pour les précédentes communications sur les chaux hydrauliques et les pierres artificielles.)

M. **Roblin** adresse une Note ayant pour titre : « Traduction des lignes, angles et allégories de la grande pyramide de Gizeh. »

(Renvoi à MM. Babinet et Regnault, qui examineront si cette Note est de nature à devenir l'objet d'un rapport.)

## CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Marine** accuse réception du Rapport fait à l'Académie sur les collections et les observations géologiques recueillies en 1838 et 1839, par M. *E. Robert*, membre de la Commission scientifique du Nord.

M. le **Ministre de l'Agriculture et du Commerce** adresse un exemplaire du 41$^{e}$ volume des Brevets d'invention expirés.

CHIMIE. — *Sur la composition de l'air.* — Lettre de M. le professeur **Thomson** à M. *Dumas* (1).

« J'ai lu avec un grand intérêt vos expériences sur la détermination du poids atomique du carbone, et j'ai été heureux de voir que les nombres

---

(1) M. Dumas, avant de lire le Mémoire sur la composition de l'air, avait donné communication à l'Académie de la Lettre que lui avait adressée, sur le même sujet, M. le professeur Thomson.

que vous avez trouvés coïncident avec ceux que j'ai obtenus il y a vingt ans, d'après une comparaison des gravités spécifiques du gaz acide carbonique et du gaz oxigène. Je n'ai jamais douté que 0,75 fût le véritable nombre, et j'attendais patiemment que quelqu'un de compétent apportât à cette opinion le témoignage de ses expériences; et assurément, monsieur, cela ne pouvait tomber en de meilleures mains.

» Il est un autre poids qui a besoin d'être rectifié, plus encore peut-être que celui du carbone : c'est la gravité spécifique du gaz oxigène, parce que toute erreur commise à cet égard atteindrait les poids atomiques de tous les autres corps, et empêcherait d'apercevoir la belle simplicité que la nature a suivie en établissant ces proportions atomiques.

» L'air atmosphérique est principalement composé d'oxigène et d'azote, et j'ai démontré, d'après les diverses propriétés de l'air atmosphérique et de l'air qui s'échappe de l'eau par l'ébullition, que l'oxigène et l'azote dans l'air ordinaire ne sont pas seulement mêlés, mais sont dans un état particulier de combinaison chimique.

» M. Cavendish (voyez *Records of general science*, t. IV, p. 170) montra d'abord que la proportion de gaz oxigène et de gaz azote dans l'air ordinaire (*ceteris paribus*) est constante. (*Phil. Trans.*, 1783, p. 106.)

» Berthollet annonçait, en 1799, que l'air en Égypte était un composé constant d'environ 21 volumes d'oxigène et 79 de gaz azote. Davy, environ deux ans après, fit la même observation sur l'atmosphère qui entoure Bristol et sur celle de la côte de Guinée; et, en 1801, je fis quelques expériences sur l'air près d'Édimbourg, et j'obtins les mêmes résultats.

» En 1803, une série de recherches importantes furent publiées par Humboldt et Gay-Lussac, sur la manière d'analyser les mélanges de gaz oxigène et de gaz inflammable au moyen de l'eudiomètre de Volta (*Ann. de Chimie*, t. LIII, p. 251). Entre autres conclusions, ils prouvent que l'air ordinaire (abstraction faite des impuretés) contient 79 volumes d'azote et 21 volumes d'oxigène.

» En 1808, Gay-Lussac lut un Mémoise important à la Société d'Arcueil (*Mém. d'Arcueil*, t. II, p. 207), prouvant que les gaz se combinent toujours, soit en volumes égaux, ou 1 volume de l'un avec 2, 3 ou 4 volumes de l'autre, et jamais dans d'autres proportions. Cette loi a été longtemps admise comme un principe fondamental en chimie.

» Si l'air est un composé chimique, il est clair, d'après cette loi, qu'il ne peut pas consister en 79 volumes d'azote et 21 d'oxigène, parce que 79 n'est pas un simple multiple de 21; et si l'air n'est pas un composé chi-

mique, il est difficile de comprendre comment sa composition ne varie pas dans quelques circonstances que ce soit.

» Une très-légère erreur dans cette estimation devrait être supposée d'après la loi de Gay-Lussac. Si l'air consistait en 80 d'azote et 20 d'oxigène, il serait un composé de 4 volumes d'azote et 1 d'oxigène, ou 2 atomes d'azote et 1 d'oxigène.

» En 1803, lorsque Humboldt et Gay-Lussac firent leurs expériences chimiques, les expériences n'atteignirent pas cette précision qu'elles ont atteinte actuellement; et quiconque a été accoutumé à employer l'eudiomètre de Volta, au moyen duquel leurs résultats furent obtenus, et prendra la peine de lire les observations de Cavendish sur cet eudiomètre, comprendra, je pense, qu'une aussi grande erreur que $\frac{1}{80}$ peut avoir été commise, même par de très savants observateurs.

» Connaissant tous ces motifs d'incertitudes, je fis une nouvelle série d'expériences sur la composition de l'air, en 1824, avec toutes les précautions qui pouvaient en assurer l'exactitude; l'air fut recueilli au milieu d'un champ, à quelque distance de toute habitation et de tout lieu humide. Avant d'être examiné, il fut soigneusement purifié par la potasse caustique; le gaz hydrogène employé dans cette expérience fut obtenu par le zinc purifié et l'*acide sulfurique pur*, et étendu d'eau distillée. La cornue dans laquelle le gaz fut dégagé était entièrement remplie de cet acide étendu, et l'on fit échapper une portion du gaz hydrogène avant de commencer à le recueillir pour l'employer. Les expériences eudiométriques furent faites au moment même où le gaz hydrogène arrivait, et il fut recueilli pour chaque expérience directement du bec de la cornue, et par conséquent sans rester un seul instant en contact avec l'eau des appareils. L'air fut gardé dans une bouteille fermée par un bouchon de terre, et elle resta plongée dans l'eau, le bouchon étant enlevé seulement lorsqu'on avait besoin d'une petite quantité d'air pour l'expérience.

» Pour chaque expérience, j'employai 100 volumes (formant en tout 1 pouce cube) d'air. La mesure de verre était neuve, et graduée par moi-même pour cette expérience. Après que l'air eut passé dans la mesure ou tube, on le tint pendant trois minutes dans une position perpendiculaire, et la température de l'air ne varia pas de 1 degré ou 2 au-dessus de 60° Fahrenheit.

» Lorsque l'on mêla ces 100 volumes d'air avec 40 volumes de gaz hydrogène, et qu'ils furent brûlés par l'électricité, la diminution du volume fut toujours de 57 volumes, dont le tiers, c'est-à-dire 19, donne le vo-

lume d'oxigène consumé; ce qui constituerait un composé de 19 volumes d'oxigène et 81 d'azote.

» Lorsqu'on fit détoner un mélange de 100 volumes d'air et de 42 de gaz hydrogène, la diminution du volume était exactement de 60 volumes, dont le tiers est 20. Suivant donc ces expériences, l'air est composé de 20 volumes d'oxigène et de 80 d'azote.

» Lorsqu'un mélange de 100 volumes d'air et 48 de gaz hydrogène fut brûlé, la diminution du volume fut presque de 63 : cela prouverait que l'air est un composé de 21 de gaz oxigène et de 79 de gaz azote. Ces expériences furent répétées plusieurs fois : j'établis seulement ici les résultats moyens.

» Une autre série d'expériences fut faite avec l'air sur le mercure. 100 volumes d'air furent laissés, pendant deux jours, en contact avec un cylindre de phosphore, et ensuite mesurés. La table suivante montre le volume de résultat dans les diverses expériences.

| NUMÉROS des expériences. | VOLUMES d'air. | VOLUMES des résidus. |
|---|---|---|
| 1 | 100 | 80,927 |
| 2 | 100 | 79,246 |
| 3 | 100 | 80,504 |
| 4 | 100 | 79,532 |
| 5 | 100 | 79,851 |
| 6 | 100 | 79,652 |
| 7 | 100 | 79,347 |
| 8 | 100 | 80,770 |
| 9 | 100 | 79,843 |
| 10 | 100 | 80,026 |
| Moyenne..... | 100 | 79,9335 |

» Dans chacune de ces dix expériences, les résidus constituant le gaz azote dans 100 volumes d'air excèdent 79 volumes. Le plus petit résidu a été de 79 $\frac{1}{4}$. Dans 6 de ces expériences, il a été moins de 80; et dans 4, il a excédé 80; et la moyenne donne 79,9335, nombre différent de 80 seulement de $\frac{1}{302}$ partie.

» Il me semble que ces expériences ne permettent pas de douter que la

constitution réelle de l'air est de 20 volumes d'oxigène et 80 volumes de gaz azote.

» Mais si telle est la constitution de l'air, et si le poids atomique de l'oxigène est 1 et celui de l'azote 1,75, ainsi qu'on peut le démontrer, il est facile de déduire la véritable gravité spécifique des gaz oxigène et azote, en admettant la gravité spécifique de l'air comme unité.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Azote..... | 3,5 | ou | $77,7777 = b$ |
| Oxigène..... | 1 | ou | $22,2222 = a$ |
| | | | 100 |

» Soit $x$ le poids spécifique du gaz oxigène,

$y$ le poids spécifique du gaz azote:

$$\frac{x+4y}{5} = 1, \quad \text{d'où} \quad x = 5 - 4y;$$

$$x : 4y :: a : b, \quad \text{d'où} \quad x = \frac{4ay}{b};$$

$$5 - 4y = \frac{4ay}{b} \quad \text{et} \quad y = \frac{5b}{4a + 4b} = 0,9722;$$

$$x = 5 - 4y = 5 - 3,888 = 1,1111.$$

» Nous voyons donc que la pesanteur spécifique du gaz oxigène est 1,1111, et celle du gaz azote 0,9722.

» La première tentative pour déterminer la pesanteur spécifique du gaz oxigène qui ait quelque mérite, est celle de Kirwan (*Essais sur le Phlogiston*, p. 25); il l'établit être 1,103. La pureté de son oxigène, dit-il, était telle, que lorsqu'il était mêlé avec deux fois son volume de gaz nitreux, le gaz non absorbé s'élevait à $\frac{1}{10}$ d'une mesure. Nous savons maintenant que cet état est compatible avec la présence de 5 pour 100 de gaz azote, ce qui réduirait la pesanteur spécifique à près de 1,103.

» MM. Biot et Arago déterminèrent la pesanteur spécifique du gaz oxigène probablement (*apparently*) avec beaucoup de soins, et obtinrent 1,10359. Je ne sais pas quelles précautions furent prises pour s'assurer de la pureté du gaz oxigène qu'ils pesèrent; mais il peut être prouvé que leurs résultats ne sauraient être parfaitement exacts, car ils donnent la pesanteur spécifique du gaz azote comme étant 0,96913. Maintenant, si l'air est un mélange de 21 volumes d'oxigène et de 79 d'azote, ainsi qu'ils le supposent, la pesanteur spécifique de l'air ordinaire, déduit d'après leur

détermination des deux gaz, n'est pas l'unité, ainsi que cela devrait être, mais 0,9973766. Si l'air est un composé de 20 volumes d'oxigène et de 80 volumes d'azote, sa pesanteur spécifique, déduite de celle du gaz oxigène et du gaz azote, ainsi qu'elle a été déterminée par ces messieurs, sera 0,9960220.

» En 1809, M. de Saussure (*Annales de Chimie*, tome LXXI, p. 254) nous apprit que, à la température de 54° 5 de Fahrenheit et lorsque le baromètre est à 29.834 pouces anglais, un décilitre cubique de gaz oxigène pèse 1,3552 grammes français. Ceci met la pesanteur spécifique du gaz oxigène à 1,1035211.

» En 1820, Berzélius et Dulong firent une série d'expériences (*Annales de Chimie et de Physique*, tome XV, page 386) pour déterminer la pesanteur spécifique du gaz oxigène, du gaz azote et du gaz hydrogène; ils les fixèrent ainsi:

| | |
|---|---|
| Gaz oxigène..... | 1,1026 |
| Gaz azote..... | 0,0976 |

» Mais il est évident que ces nombres ne sont pas exacts, car, en supposant que l'air soit un mélange de 21 oxigène et 79 de gaz azote, la pesanteur spécifique de l'air déduite d'après leurs nombres, ne serait pas 1 mais 1,002586, et si c'est un composé de 20 d'oxigène et 80 d'azote, sa pesanteur spécifique sera 1,001132.

» Dans l'année 1820, je consacrai la plus grande partie de l'été à déterminer la pesanteur spécifique des gaz. Le gaz oxigène que je pesai était préparé par le chlorate de potasse et ne contenait aucune partie sensible de gaz azote. Je remplis un assez grand ballon de verre d'air sec, et le pesai; le ballon fut alors élevé et resta dans cette position jusqu'à ce que la température fût la même que celle de l'air de la chambre. Alors on le pesa, la perte de poids donna le poids de l'air sorti. Il fut alors rempli de gaz oxigène sec et pesé de nouveau; l'augmentation de poids représente celui du gaz oxigène introduit. Celui-ci, divisé par le poids de l'air qui avait en premier été retiré, donna la pesanteur spécifique du gaz oxigène. Trois expériences furent faites de cette manière, elles coïncidèrent toutes ensemble et donnèrent comme pesanteur spécifique du gaz oxigène 1,1117.

» Voici les expériences les plus exactes faites jusqu'à présent pour déterminer la pesanteur spécifique du gaz oxigène. La table suivante indi-

quera ces divers résultats :

| | |
|---|---|
| Kirwan | 1,103 |
| Berzélius et Dulong | 1,1026 |
| Biot et Arago | 1,103 |
| De Saussure | 1,1352 |
| Thomson | 1,1117 |
| Moyenne | 1,1111 |

» Ainsi nous obtenons d'après toutes ces expériences comparées les unes avec les autres, la même moyenne que celle qu'on déduit de l'hypothèse que l'air est un composé de 20 vol. d'oxigène et de 80 de gaz azote; hypothèse que je pense avoir prouvée par l'expérience.

» Cette erreur dans la pesanteur spécifique du gaz oxigène, qui s'élève à plus d'un demi pour cent, a occasionné une erreur semblable dans les poids atomiques de tous les autres corps et a jusqu'ici empêché les chimistes d'apercevoir et de saisir la belle simplicité de rapports qui subsiste entre les poids atomiques de tous les corps. Un exemple ou deux prouveront ce fait.

» Berzélius et Dulong firent une série de recherches bien conçues pour déterminer la pesanteur spécifique du gaz hydrogène. Les résultats furent que le gaz oxigène est seize fois plus pesant que l'hydrogène; quant à l'eau (qui est un composé d'un volume d'oxigène et de deux de gaz hydrogène) ils la trouvèrent composée de

| | |
|---|---|
| Oxigène | 8,89 |
| Hydrogène | 1,11 |
| | 10,00 |

»Si le poids de l'oxigène avait été considéré par eux comme 1,1111, alors celui de l'hydrogène eût été 0,0694. Mais ils reconnurent que son poids n'était que 1,1026 et par conséquent ils considérèrent la pesanteur de l'hydrogène comme étant 0,0689. En 1820 j'essayai de déterminer le poids du gaz hydrogène à l'état sec, en le pesant dans un flacon. Les résultats furent ceux-ci :

| | |
|---|---|
| Ire Expérience | 0,6954 |
| IIe *id.* | 0,06935 |
| IIIe *id.* | 0,06933 |
| Moyenne | 0,0694 |

Cette moyenne coïncide avec le même nombre donné par la théorie, en supposant que le poids atomique du gaz oxigène soit 1,1111.

» Le poids atomique du soufre est fixé, par Berzélius, à 2,01165. Cette longue suite de décimales est la suite de ce qu'il avait estimé le poids du gaz oxigène un peu trop bas. En 1820 j'examinai avec grand soin la pesanteur spécifique du gaz sulfureux. Trois expériences me donnèrent les résultats suivants :

| | |
|---|---|
| I^re^ Expérience... | 2,2221 |
| II^e^ *id.*..... | 2,2221 |
| III^e^ *id.*..... | 2,2223 |
| Moyenne..... | 2,22216 |

D'après ces résultats il me fut prouvé que la pesanteur spécifique du gaz acide sulfureux, est deux fois exactement celle du gaz oxigène. Lorsque le soufre est brûlé dans le gaz oxigène, le volume de ce gaz n'est pas altéré, mais il est converti en gaz acide sulfureux. D'après cela, le gaz acide sulfureux est composé de

| | |
|---|---|
| Gaz oxigène..... | 1,1111 |
| Soufre..... | 1,1111 |
| | 2,2222 |

Il contient 2 atomes d'oxigène = 2; par conséquent, un atome de soufre est exactement 2.

» Il serait aisé de multiplier ces exemples et de montrer la source des erreurs qui accompagnent les poids atomiques tels que les emploient les chimistes dans leurs recherches. Vous avez montré l'erreur en ce qui regarde le carbone, en prouvant que son poids était 75; vous trouverez une erreur non moins considérable lorsque vous ferez des recherches sur celui de l'azote. Il doit être 1,75 ou 8,75 au lieu de 0,8852 ainsi que vous l'avez jusqu'ici admis. Je vous renvoie, au sujet de cette importante question, à un Mémoire de moi sur les poids atomiques qui fut inséré dans le 3^e^ vol. des *Records of general Sciences.* »

PHYSIQUE. — *Lettre de* M. TALBOT *à* M. Biot, *sur la confection des papiers sensibles.*

« Je vous ai averti, dans ma lettre du 28 mai, que ma prochaine contiendrait probablement la description de ma nouvelle méthode photographique.

» C'est ce que je vous envoie aujourd'hui. Vous me ferez plaisir en la communiquant à l'Académie.

» J'envoie dans une autre lettre des échantillons d'*acide gallique* et de *papier iodé*, pour que vous puissiez opérer sur des substances chimiques identiques avec les miennes. (Dans ma description, j'ai employé les poids et mesures anglais.)

» La préparation du papier *calotype* (c'est le nom que M. Talbot lui donne) se divise en deux parties assez distinctes.

» *Première partie.* On dissout 100 *grains* de nitrate d'argent cristallisé dans 6 *onces* d'eau pure. On lave avec cette solution une feuille de papier à écrire sur un de ses côtés, que l'on marque pour pouvoir le reconnaître ensuite. On le fait sécher doucement. Alors on le plonge pendant deux minutes dans une solution faite ainsi :

| | |
|---|---|
| Eau..... | 1 pinte ; |
| Iodure de potasse..... | 500 grains. |

» Après cela, on lave le papier dans l'eau, puis on le sèche; et quoique peu sensible à la lumière, on a soin de le tenir enfermé dans un portefeuille. Avec cette précaution, le papier peut se conserver pendant un temps indéfini. Dans cet état de préparation, je l'appelle *papier iodé*, puisqu'il est recouvert d'une couche d'iodure d'argent.

» *Deuxième partie.* On prend une feuille de *papier iodé*, et on le lave avec une solution d'argent ainsi préparée :

» A. On dissout 100 *grains* de nitrate d'argent dans 2 *onces* d'eau pure ;

» On y ajoute la sixième partie de son volume d'acide acétique un peu fort.

» B. Solution saturée d'acide gallique cristallisé dans l'eau froide. La quantité ainsi dissoute est assez faible.

» Les solutions A et B étant ainsi préparées, on les ajoute l'une à l'autre à volumes égaux, mais en petite quantité à la fois, parce que leur mélange se décompose en peu de temps. J'appelle ce mélange le *gallo-nitrate d'argent.*

» C'est avec ce *gallo-nitrate d'argent* qu'il faut laver le *papier iodé*, et pour cela on se sert de la lumière d'une bougie. On laisse le papier ainsi humecté pendant une demi-minute ; alors on le plonge dans l'eau ; on le sèche avec le papier brouillard, et en le tenant avec précaution devant le feu.

» C'est là la préparation du *papier calotype.*

» On garde ce papier enfermé dans une presse jusqu'au moment où l'on veut s'en servir. Cependant, si l'on s'en sert tout de suite, on peut s'épargner la peine de le sécher, puisqu'il réussit également bien lorsqu'il est un peu humide.

» *Usage du papier.* On le met au foyer de la chambre obscure qu'on dirige sur l'objet qu'on veut peindre.

» Pour donner une idée du temps nécessaire, je supposerai la lentille objective de 1 pouce de diamètre et de 15 pouces de foyer, et que l'on dirige l'instrument sur la façade d'un bâtiment éclairé par le soleil; alors une minute me paraît le temps le plus convenable pour la durée de l'action lumineuse; ensuite on retire le papier et on l'examine à la lumière d'une bougie. On n'y verra probablement rien, mais l'image y existe dans un état invisible. Pour la rendre visible, voici ce qu'il faut faire : il faut laver le papier encore une fois avec le *gallo-nitrate d'argent,* et puis le chauffer doucement devant le feu. On verra alors sortir, comme par enchantement, tous les détails du tableau. Une ou deux minutes suffisent ordinairement pour faire acquérir au tableau sa plus grande perfection. Il faut alors le *fixer* d'une manière permanente.

» *Fixation du tableau.* Après avoir lavé le tableau, on l'humecte avec une solution ainsi faite :

| | |
|---|---|
| Eau..... | 8 à 10 onces ; |
| Bromure de potasse.... | 100 grains. |

» Après une ou deux minutes on doit le laver encore et le sécher. Les tableaux ainsi *fixés* offrent le grand avantage de rester transparents : c'est ce qu'il faut pour pouvoir en tirer de belles copies. Pour faire la copie, on peut se servir d'une deuxième feuille de *papier calotype,* qu'on presse fortement contre le tableau, et qu'on expose ainsi à la lumière; mais il vaut mieux se servir du papier photographique ordinaire. A la vérité les copies alors prennent plus de temps; mais en revanche, elles sont d'une apparence plus agréable. Le tableau fournit ordinairement plusieurs bonnes copies, et alors il s'affaiblit peu à peu. Les copies alors ne sont plus bonnes. Mais la propriété la plus extraordinaire qu'ont les tableaux calotypes, c'est qu'on peut les rajeunir et leur redonner leur beauté primitive. Pour cela, on n'a qu'à les laver encore avec le *gallo-nitrate d'argent* et les chauffer doucement. Les ombres du tableau noircissent alors beaucoup, sans causer aux parties claires aucun changement. Il faut après cela renouveler la

*fixation* du tableau, et alors on peut en tirer une deuxième série de bonnes copies.

» Comme on ne trouve pas chez tous les pharmaciens de l'acide gallique cristallisé, on peut y substituer l'extrait de la noix de galle (*tincture of galls*).

» La manière dont il faut se servir du *papier calotype* pour obtenir des tableaux photographiques *positifs* (par une opération unique), fera le sujet d'une deuxième lettre.

» J'ai cru devoir ajouter à ma description des échantillons de papier calotype préparé, parce que les moindres différences chimiques ont de l'influence sur les résultats. »

« A la suite de cette communication, M. **Biot** annonce qu'il va remettre les échantillons de papier sensible envoyés par M. *Talbot*, entre les mains de M. Regnault, membre de l'Académie, qui s'est depuis longtemps exercé à former des images daguerriennes, lesquelles ont très-heureusement réussi. M. Biot ajoute les remarques suivantes :

» Les papiers impressionnables devant devenir d'une grande utilité pour les voyageurs, il n'est pas sans intérêt de faire remarquer que leur usage pourra être probablement fort amélioré, si l'on prend les précautions suivantes :

» 1°. De les préparer toujours avec des papiers d'une pâte bien égale, et de les sécher sans les approcher du feu;

» 2°. D'adapter à la chambre obscure des objectifs, non pas achromatiques pour la lumière, mais dont les courbures soient calculées de manière à réunir en un même foyer toutes les radiations invisibles qui agissent le plus efficacement sur la substance impressionnable employée à leur confection;

» 3°. De les tenir, pendant très-peu d'instants, en présence des objets; et de continuer le développement de l'image hors de leur présence, par l'influence de la radiation solaire transmise à travers un verre rouge, conformément à la propriété si ingénieusement découverte par M. Edmond Becquerel. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un nouveau procédé d'iodage pour les planches destinées à recevoir des images photographiques, procédé qui abrége considérablement la durée du temps nécessaire pour que la lumière produise une impression suffisante.* — Lettre de M. LEREBOURS à M. *Arago*.

« J'ai l'honneur de vous prier de présenter à l'Académie, au nom de M. *Claudet*, français domicilié à Londres, et cessionnaire d'une partie de la patente que MM. Daguerre et Niépce y ont prise pour leurs appareils photographiques, le procédé suivant, au moyen duquel on peut accélérer la production des épreuves daguerriennes au point de remplacer quelquefois les minutes par autant de secondes. Ce procédé consiste, en principe, dans l'application successive de l'*iode* et du *chlorure d'iode*.

» La plaque, préparée comme à l'ordinaire, est d'abord placée dans la boîte à iode; puis, lorsqu'une légère teinte commence à se montrer, on la promène au-dessus d'un flacon contenant du chlorure d'iode qui la jaunit très rapidement; enfin on la replace pendant quelques secondes dans la boîte à iode, et elle est prête à recevoir l'impression de la lumière.

» Avec un objectif d'un très court foyer, j'ai obtenu, à l'ombre et en 15 à 20 secondes, des portraits qui eussent exigé de 4 à 5 minutes par les procédés ordinaires. Avec le même objectif, deux à trois secondes suffisent pour *faire passer* entièrement une épreuve prise sur les édifices qui avoisinent le Pont-Neuf. Avec l'objectif normal, désigné par M. Daguerre, et la plaque de 0,22 sur $0^{m},16$, j'ai eu, en deux minutes, les plus belles épreuves que j'aie encore vues de ces monuments.

» La préparation du chlorure d'iode consiste à faire arriver du chlore à l'état gazeux dans un flacon contenant une certaine quantité d'iode; mais toute simple qu'elle paraisse, elle présente de notables difficultés dans l'appréciation de la quantité de chlore à introduire. S'il y en a trop peu, le flacon perd rapidement les propriétés accélératrices; s'il y en a trop, à quelque hauteur qu'on tienne la plaque au-dessus du flacon, elle se recouvre immédiatement d'une couche verdâtre qui empêche l'épreuve de paraître.

» La réussite de cette préparation dépend donc d'une certaine habitude que la pratique seule peut donner; un peu de pratique est également nécessaire pour obtenir une couche uniforme de chlorure d'iode sur la plaque, car il ne faut pas songer, dans ce cas, à l'emploi d'un appareil analogue à celui de M. Daguerre, ses parois s'imprégnant immédiatement de chlorure que leur grande surface ne tarde pas à dissiper entièrement. Je m'occupe en ce moment de dispositions qui me paraissent propres à at-

teindre le but avec sécurité, mais l'expérience n'a pas encore suffisamment prononcé sur leur efficacité pour me permettre de les présenter à l'Académie. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Supériorité des rayons jaunes comme rayons continuateurs dans les opérations photographiques; production d'images daguerriennes sans le secours du mercure.* — Lettre de M. GAUDIN à M. *Arago*.

« Ayant essayé cette semaine le verre jaune comme agent continuateur, sur plaques d'argent, d'après l'avis de M. Edmond Becquerel, qui l'avait trouvé d'un effet merveilleux, en opérant sur papier, j'ai reconnu aussitôt qu'il était bien plus actif que le verre rouge, et de beaucoup préférable à celui-ci, parce qu'il laisse voir au soleil les progrès de son action.

» J'avais déjà remarqué, comme M. Lerebours, que l'insolation rouge faisait souvent naître des traces du dessin; mais j'avais observé en outre que ces traces, quand elles étaient fortes, donnaient un tableau approchant de ceux obtenus avec le mercure. Enfin je suis arrivé à obtenir, sans mercure, et par la seule insolation jaune, des tableaux de tous points pareils à ceux provenant de l'action mercurielle. Ces tableaux se lavent et se fixent absolument de la même manière; et pour qu'on n'attribue pas à du mercure vaporisé la formation de ces tableaux, j'ai mis sur le verre jaune de celui qui représente des nuages un disque qui, ayant intercepté la lumière opaque jaune a produit sa silhouette en noir sur le tableau, preuve que ces tableaux ne sont dus, dans ce cas, qu'à de l'iodure d'argent modifié par la lumière. »

M. ARAGO met sous les yeux de l'Académie deux *portraits photographiques* exécutés par M. *L.-A. Bisson*, obtenus, à l'ombre, en dix à douze secondes d'exposition dans la chambre obscure, et terminés au moyen des rayons continuateurs. Dans un de ces portraits toute la partie supérieure du visage est dans la demi-teinte et parfaitement modelée.

M. DE SILVESTRE met sous les yeux de l'Académie six portraits photographiques, exécutés par M. MONTMIREL, chacun dans l'espace d'une minute et demie.

« Ces portraits, dit M. de Silvestre, sont remarquables par une clarté dans les lumières et les demi-teintes des chairs, qu'on avait jusqu'à présent rarement atteinte dans ces sortes de portraits. M. Montmirel est bien connu

des amateurs de la photographie comme fabricant de daguerréotypes. Les modifications qu'il a imaginées pour ces appareils, lui ont permis d'en réduire notablement les prix. »

GÉOLOGIE. — *Sur une caverne à ossements située dans les environs d'Alger.* — Lettre de M. **Bory de Saint-Vincent.**

« A une lieue et demie d'Alger environ, existe un site charmant par sa sauvagerie, et la belle fontaine qui lui fit donner le nom de *Birmandrays*. Je fus informé, au mois de février dernier, que le propriétaire d'une carrière ouverte aux environs, avait rencontré des brèches osseuses remplissant une fente de calcaire compacte qu'il exploite. Je me rendis aussitôt sur les lieux avec M. Ravergie, pour voir ce que pouvait être cette découverte, et ayant recueilli divers échantillons intéressants, ces trouvailles me déterminèrent à entreprendre quelques fouilles sur le lieu même. Le premier résultat obtenu fut la rencontre d'une caverne d'assez grandes dimensions, contenant presque jusqu'à son comble une terre brune, dans laquelle gisaient des fragments d'os épars, et vers le fond des tessons de poteries très reconnaissables.

» Nous arrivâmes bientôt jusqu'à une couche horizontale assez unie, blanche, très dure, formée par des stalagmites calcaires, qu'on eût été tenté de prendre pour le sol sur lequel les eaux avaient entraîné la terre dont s'encombrait la grotte.

» Sur ces entrefaites, notre collègue, M. Renou, que j'avais appelé de Bonne, en sa qualité de géologue, pour étudier un endroit si curieux, étant arrivé, proposa de faire soulever cette couche qu'il présumait ne devoir pas être fort épaisse. Nous eûmes par ce moyen la satisfaction de parvenir à l'objet de nos recherches, c'est-à-dire aux amas d'ossements.

» Nous en avons d'abord extrait avec précaution une pièce, en forme de table, de plus d'un mètre de côtés, à laquelle adhèrent par la partie inférieure une multitude de beaux fragments agglutinés par la substance de la stalagmite, et appartenant à diverses espèces de mammifères. La plupart sont des tarses, des mâchoires entières ou des dents isolées. Les traces de ruminants y dominent; mais on y trouve aussi des carnassiers et même des pachydermes.

» La grande quantité de restes en assez bon état, solidement fixés à la table de stalagmite dont elle forme comme une sorte de brèche, nous faisant considérer cette table comme un morceau très-précieux, nous re-

doublâmes de précautions pour la conserver parfaitement intacte. Il est à désirer qu'elle puisse figurer un jour dans les galeries du Muséum, et j'ai adressé à cet effet une demande à M. le Ministre de la Guerre. »

VOYAGES SCIENTIFIQUES. — *Note sur une excursion à Miliana et jusqu'au pont d'El-Cantara; par* M. BORY DE SAINT-VINCENT.

« Dans ma Note du 26 avril dernier, j'ai rendu compte à l'Académie des observations qu'avaient pu faire à Médéah et aux environs, ceux de nous qui accompagnèrent l'expédition conduite par le gouverneur-général; je viens l'entretenir aujourd'hui de la dernière excursion qui a été poussée bien au-delà de Miliana et jusqu'au pont d'El-Cantara jeté sur l'Oued Chélif où nulle troupe française n'avait encore bivaqué.

» L'armée, partie vers la fin du mois d'avril, fut d'abord retenue deux ou trois jours à Blida par les dernières pluies de la saison; ce fut le 27 seulement, tandis que le gros des troupes franchissait le col de Téniah, qu'un de nos botanistes (M. Bove), suivant la colonne de gauche à travers la montagne, eut occasion de visiter le petit lac reconnu depuis peu, et qui en couronne un plateau. Ses bords, dépourvus de roseaux, étaient peuplés par une multitude de grenouilles et de ces rainettes à couleurs variables dont j'ai parlé dans une précédente communication (*Compte rendu*, tome X, p. 783). Le houx (*Ilex aquifolia*) se montrait dans les bois de cette région et plusieurs de ces arbres n'avaient pas moins de 7 à 8 mètres de hauteur sur 1 $\frac{1}{2}$ mètre de circonférence. Le noyer est aussi très commun entre les beaux arbres des mêmes pentes.

» Le 1^er^ mai nous nous dirigeâmes vers Miliana, sans passer par le Djebel-Ouamri, ainsi qu'on l'avait fait précédemment; on laissa cette montagne au sud en longeant la base méridionale du Gontas pour franchir le col de ce nom.

» A partir du col de Gontas on descendit dans la vaste plaine du Chélif; la végétation y était bien plus avancée qu'on ne l'avait laissée à Médéah, où les céréales commençaient à peine à monter, tandis qu'ici les chaumes de l'orge atteignaient déjà un mètre de hauteur: on traversait aussi beaucoup de champs de blé et de fèves. Le *Chamærops* ou palmier nain, le *Zizi-phus lotus* et le *Spartium spinosum*, répandus sur les coteaux, étaient les indices certains que l'on redescendait dans une région plus chaude.

» Le 2, à quatre heures de l'après-midi, on était rendu à Miliana; tout ce qu'on a pu dire des charmes de cette situation est au-dessous de la réalité:

la ville est placée à l'extrémité d'un plateau en ressaut, formé sur les flancs de l'anfractueux mont Zaccar qui le garantit du nord. Comme suspendue dans les airs et séparée du monde, de ce côté, les pentes adoucies qui s'en échappent dans les autres directions, sont partout abondamment arrosées, mollement sillonnées par des ravins délicieux et ombragées d'arbres fruitiers innombrables entre lesquels se font remarquer, par leur abondance et leur merveilleuse venue, des amandiers, des pommiers, des pêchers, des poiriers, des pruniers, etc., surtout la vigne, déjà couverte de ses feuilles, lorsqu'à Médéah on l'avait laissée à peine en bourgeons; au-dessous de ces riches plantations dans les lieux abandonnés à une végétation sauvage, le *Tuya articulata* formait la masse des bois, et remplaçait la bellote (*Quercus ballota*), si commune dans les régions du Téniah, mais dont on ne rencontrait plus ici que quelques individus épars. Notre agronome a trouvé dans certaines habitations abandonnées deux grands vases de terre cuite où des peaux de moutons et de chèvres étaient stratifiées avec des feuilles de cet élégant tuya qui sert conséquemment à tanner le cuir. Le gros bétail, assez nombreux dans ce canton, paraît généralement être de petite taille; les moutons aussi sont petits, mais leur laine très fine est de la plus parfaite douceur.

» Près de l'endroit nommé Sidi-Abd-el-Kader, les deux rives de l'Oued-Boutan nous offrirent de nombreux décombres épars sur le sol, parmi lesquels se reconnaissent des briques romaines. Le commandant Pélissier y a appris d'un indigène à notre service, que les Kabyles du voisinage viennent souvent y faire des fouilles, afin de se procurer des matériaux de construction. Le frêne (*Fraxinus excelsior*) est l'arbre le plus commun dans les endroits frais, et l'on commence à rencontrer quelques individus du plus beau des végétaux de l'Afrique française, c'est-à-dire du (*Pistacia atlantica*)...

» On avait traversé pour se rendre à El-Cantara la partie de la plaine occupée par les Beni-Hachem, lesquels paraissent s'être occupés autrefois de la culture du riz. Les coteaux de la rive opposée sont encore couverts de bois où domine toujours le *Tuya articulata* et où se trouve abondamment l'oxicèdre avec le *Juniperus phœnicea*. Ces genévriers, qui acquièrent d'assez grandes dimensions, sont les arbres dont les troncs fournissent les matériaux des plafonds ordinaires de l'Algérie et les contreforts dont on soutient les saillies extérieures des maisons.

» La zoologie a peu gagné dans une marche rapide durant laquelle la

botanique seule a pu s'enrichir de beaucoup d'objets intéressants et même nouveaux. »

PHYSIOLOGIE. — *Sur des cas où le lait de la vache est acide à sa sortie de la mamelle.* — Lettre de M. DONNÉ.

« C'est un point intéressant sous le rapport chimique, physiologique et même pratique, que de savoir bien positivement quelle est la réaction chimique du lait au moment où il sort de la mamelle; depuis que j'ai montré que le lait frais est alcalin et non pas acide, comme on le pensait jusque là, ce fait n'est plus contesté par personne, pour le lait de femme et pour celui d'ânesse; mais pour le lait de vache, il n'est pas rare qu'on le considère encore comme étant acide, au moins dans un certain nombre de cas. D'où vient cette divergence d'opinion, à propos d'un fait si simple et si facile à vérifier?

» Elle provient d'abord de ce que le lait de vache est à peu près sur la limite et qu'il a cette singulière propriété de rougir à la fois légèrement le papier bleu de tournesol et de ramener au bleu le papier préalablement rougi; mais il y a encore une autre raison de ce désaccord qu'il est utile de signaler: c'est que le lait de vache est effectivement quelquefois acide, par suite d'une altération que j'ai pu constater dernièrement et dont j'ai un exemple frappant sous les yeux en ce moment. Cette altération est rendue sensible par l'inspection microscopique, qui montre de nombreuses agglomérations de globules laiteux dans le lait lorsqu'il est réellement acide. Ainsi au lieu de présenter des globules séparés les uns des autres et nageant librement dans le liquide, comme on les voit dans le lait alcalin, celui qui est acide offre çà et là de petits agglomérats de globules, tenant probablement à un commencement de coagulation du caséum, comme cela arrive dans le lait qui commence à aigrir au contact de l'air.

» Ce fait offre encore de l'intérêt en considérant que je ne l'ai rencontré jusqu'ici dans l'état de santé que chez la vache, et que la vache est aussi le seul animal avec la chèvre, qui fournisse du lait longtemps après le part et sans être tetée par son petit; or chez les vaches ayant récemment mis bas que j'ai eu l'occasion d'observer, j'ai trouvé le lait franchement alcalin. »

M. CIVIALE écrit à l'occasion d'une lettre lue dans la séance précédente, et dans laquelle on avance que, dans un Mémoire sur les *brides ou barrières*

*à l'orifice interne de l'urètre,* qu'il a présenté à l'Académie le 10 mai dernier, il a emprunté plusieurs idées à un ouvrage de M. *Mercier.*

« L'auteur de la lettre, dit M. Civiale, ne s'explique pas positivement sur l'objet de sa réclamation.

» A-t-il voulu parler de l'observation première de cet état morbide sur lequel j'ai appelé l'attention des praticiens? Mais j'ai dit que cet état avait déjà été remarqué et décrit, notamment par quelques chirurgiens anglais. Revendique-t-il l'exactitude de la description? Mais je n'ai jamais prétendu poser de limites à la science: ayant rencontré plusieurs fois les brides du col vésical, j'ai dit ce que j'avais vu. Les praticiens jugeront qui de moi ou de mon confrère a le mieux observé. S'agit-il enfin des moyens de traitement auxquels j'ai eu recours? Sous ce point de vue l'expérience seule doit prononcer.

» De quelque manière que ce soit, je ne vois donc pas que M. Mercier ait le moindre droit à élever une réclamation.

» D'un autre côté, je trouve dans son ouvrage un article qui n'a pas moins de 14 pages, et qui reproduit, sans indiquer la source, une série d'observations publiées par moi quatre ans auparavant. On aura la preuve de ce que j'avance, en comparant ce que j'ai imprimé en 1837, dans mon Traité pratique (p. 2 et suiv.) avec ce que M. Mercier a communiqué en 1839 à la Société anatomique, et inséré de nouveau, sauf quelques changements de rédaction, dans son ouvrage (p. 50 et suiv.). »

(Renvoi à la Commission nommée.)

M. **Drouot** prie l'Académie de vouloir bien nommer une Commission à l'examen de laquelle il soumettra des faits relatifs à la nature et au traitement de la *cataracte.* « Ces faits, dit M. Drouot, prouvent que les cataractes, celles même dites *lenticulaires,* sont, contre l'opinion générale des ophthalmologistes, du domaine de la thérapeutique médicale. »

M. Drouot sera invité à présenter les résultats de ses recherches dans un Mémoire manuscrit, pour lequel on nommera alors une Commission.

M. **Scott** demande l'autorisation de reprendre un Mémoire qu'il avait adressé pour le concours aux prix de Médecine et de Chirurgie de l'année 1839, et dont il n'a point été fait mention dans le Rapport sur les pièces admises à ce concours.

L'Académie accorde l'autorisation demandée.

M. **Jobert** prie l'Académie de vouloir bien se faire rendre compte d'une Note qu'il lui a depuis longtemps adressée, et qui est relative à une découverte qu'il croit avoir faite en *Astronomie*.

M. Bouvard, qui avait été chargé d'examiner la Note de M. Jobert, sera invité à déclarer si elle est de nature à devenir l'objet d'un Rapport.

M. **Blanche** adresse un paquet cacheté.

L'Académie en accepte le dépôt.

La séance est levée à 5 heures. F.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

*Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences;* 1^er^ semestre 1841, n° 22, in-4°.

*Exercices d'Analyse et de Physique mathématique; par* M. A. CAUCHY; 12^e^ livraison, in-4°.

*Caisse d'épargne et de prévoyance de Paris; Rapport et Compte rendu des opérations de la Caisse d'épargne de Paris, pendant l'année* 1840; in-4°.

*Description des Machines et Procédés consignés dans les Brevets d'invention, d'importation et de perfectionnement;* tome XLI, in-4°.

*Annales maritimes et coloniales;* 26^e^ année, mai 1841, in-8°.

*Nouvelles recherches physiologiques sur la Vie; par* M. DESCHAMPS; in-8°.

*Cours de Philosophie positive; par* M. A. COMTE; tome V, in-8°.

*Des maladies de l'OEil; par* M. DROUOT; in-8°.

*Nouveau Traité des Cataractes; par* le même; in-8°.

*Mémoire sur une nouvelle Balance d'une construction très facile et très peu dispendieuse, sensible à un poids arbitraire, pourvu qu'il atteigne le cinquième de milligramme; par* M. ATH. DUPRÉ; Rennes, 1841, in-8°.

*Considérations sur un nouveau et puissant moyen curatif. — Méthode hémospasique; appareil de* M. JUNOD; 1 feuille in-8°.

*Lettre relative au bleu Français et au bleu de Prusse; par* M. JAUME SAINT-HILAIRE; $\frac{1}{4}$ feuille in-4°.

*Annales de la Société royale d'Horticulture de Paris;* tome XXVIII, 162^e^ livraison; mai 1841, in-8°.

*Bulletin de l'Académie royale de Médecine;* 15 et 30 mai 1841, in-8°.

*Paléontologie française; par* M. D'ORBIGNY; 21^e^ liv., in-8°.

*Revue zoologique; par* la Société cuviérienne; 1841, n° 5, in-8°.

*Traité de Pathologie iatrique ou médicale et de Médecine pratique; par* M. Piorry; 7e livraison, in-8°.

*Journal des Connaissances utiles;* mai 1841, in-8°.

*L'Écho de la Littérature médicale française et étrangère;* tome 1er, n° 2, in-8°.

*Monstruosités végétales, premier fascicule; par* MM. de Candolle; Neufchâtel, in-4°.

*Bibliothèque universelle de Genève;* avril 1841, in-8°.

*Flora Panormitana, sive plantarum prope Panormum sponte nascentium enumeratio; auctore* Philippo Parlatore; vol. 1er; Panormi, 1839, in-8°.

*Rariorum plantarum et haud cognitarum in Sicilia sponte provenientium fasciculus* 2; *par* le même, in-8°.

*In nonnullas filaginis evacisque species ex naturali compositarum familia observationes; par* le même, in-8°.

Proceedings... *Procès-Verbaux de la Société royale de Londres;* 1840 à 1841, n° 46; in-8°.

The London... *Journal de Sciences et Magasin philosophique de Londres, Edimbourg et Dublin;* mai 1841, in-8°.

The silurian... *Revue de l'ouvrage de* M. R.-J. Murchison, *sur le Système silurien.* (Extrait de la *Revue d'Édimbourg.*) In-8°.

*The Athenæum;* part. 160, avril 1841, in-8°.

Proceedings .. *Procès-Verbaux de la Société géologique de Londres;* séances de mai et juin 1840, in-8°.

Boston... *Journal d'Histoire naturelle de Boston;* vol. 3, n° 3, in-8°.

Abhandlungen... *Mémoires de l'Académie royale des Sciences de Berlin pour l'année* 1832, 3e et 4e partie, se composant des tomes II et III de l'*Essai sur la langue Kawi de l'île de Java; par* M. G. de Humboldt; 2 vol. in-4°; Berlin, 1838 et 1839.

Abhandlungen... *Mémoires de l'Académie royale des Sciences de Berlin pour l'année* 1838; Berlin, 1839, in-4°.

Annalen... *Annales de l'Observatoire de Vienne; par* MM. J.-J. et C.-L. Littrow; partie 20e; Vienne, 1840, in-fol.

Astronomische... *Nouvelles astronomiques de* M. SCHUMACHER; n° 423 à 425, in-4°.

*Gazette médicale de Paris;* tome IX, n° 23, in-4°.

*Gazette des Hôpitaux;* n° 67—69.

*L'Expérience, journal de Médecine;* n^os 205, in-8°.

*La France industrielle;* 8^e année, n° 23.

# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. — MAI 1841.

| Jours du mois. | 9 heures du matin. | | | Midi. | | | 3 heures du soir. | | | 9 heures du soir. | | | Thermomètre. | | État du ciel à midi. | Vents à midi. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygrom. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygrom. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygrom. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygrom. | Maxim. | Minim. | | |
| 1 | 754,81 | +21,4 | | 754,20 | +21,8 | | 752,81 | +25,8 | | 752,88 | +19,3 | | +27,7 | +14,5 | Beau | S. E. |
| 2 | 752,13 | +21,0 | | 751,68 | +24,0 | | 751,07 | +22,2 | | 751,79 | +16,1 | | +24,1 | +13,7 | Couvert | O. S. O. |
| 3 | 751,75 | +18,4 | | 750,47 | +23,8 | | 750,24 | +24,6 | | 749,51 | +17,4 | | +25,9 | +15,0 | Nuageux | O. S. O. |
| 4 | 749,02 | +21,2 | | 747,99 | +24,8 | | 746,82 | +24,9 | | 745,53 | +20,4 | | +26,4 | +14,5 | Nuageux | S. S. O. |
| 5 | 749,00 | +18,0 | | 750,07 | +20,0 | | 750,25 | +20,5 | | 750,87 | +15,0 | | +22,0 | +14,1 | Très nuageux | S. assez fort. |
| 6 | 750,41 | +15,2 | | 751,35 | +19,8 | | 751,75 | +20,0 | | 754,06 | +13,2 | | +21,0 | +11,9 | Éclaircies | O. S. O. |
| 7 | 751,91 | +16,6 | | 749,85 | +22,3 | | 747,95 | +22,2 | | 747,78 | +15,7 | | +24,0 | +11,0 | Couvert | S. S. E. |
| 8 | 751,84 | +14,8 | | 752,08 | +14,5 | | 752,46 | +15,2 | | 755,89 | + 9,9 | | +16,8 | +11,2 | Très nuageux | S. O. fort. |
| 9 | 760,93 | +13,4 | | 761,46 | +16,0 | | 761,92 | +17,1 | | 763,34 | +11,2 | | +18,0 | + 8,4 | Très nuageux | S. O. |
| 10 | 764,37 | +16,0 | | 763,88 | +18,3 | | 763,38 | +18,6 | | 762,58 | +15,2 | | +19,3 | + 7,3 | Couvert | S. |
| 11 | 759,88 | +18,7 | | 758,37 | +21,5 | | 757,19 | +22,0 | | 756,85 | +15,6 | | +23,8 | +14,2 | Beau | S. |
| 12 | 759,00 | +13,0 | | 758,89 | +15,1 | | 758,20 | +18,4 | | 760,03 | +13,8 | | +18,7 | +11,2 | Couvert | O. N. O. |
| 13 | 762,23 | +13,2 | | 761,89 | +15,8 | | 761,39 | +11,6 | | 763,05 | +12,8 | | +18,2 | + 9,0 | Beau | N. |
| 14 | 764,06 | +11,8 | | 763,94 | +13,8 | | 762,57 | +15,8 | | 762,46 | +12,6 | | +16,6 | + 7,1 | Beau | N. E. |
| 15 | 761,84 | +14,3 | | 761,05 | +18,6 | | 759,88 | +20,0 | | 758,84 | +14,2 | | +21,5 | + 7,7 | Beau | S. E. |
| 16 | 757,14 | +21,1 | | 756,17 | +23,7 | | 754,52 | +24,4 | | 753,90 | +17,1 | | +26,0 | + 7,6 | Beau | S. O. |
| 17 | 751,15 | +22,0 | | 750,00 | +24,6 | | 748,57 | +25,0 | | 747,91 | +19,0 | | +27,1 | +10,2 | Beau | S. S. O. |
| 18 | 750,25 | +13,5 | | 749,70 | +15,6 | | 749,58 | +14,0 | | 750,01 | +11,8 | | +17,5 | +12,7 | Pluie | S. |
| 19 | 747,53 | +14,6 | | 746,22 | +16,4 | | 744,49 | +16,8 | | 742,73 | +12,2 | | +17,3 | + 8,9 | Couvert | S. S. O. |
| 20 | 746,13 | +13,6 | | 746,93 | +14,2 | | 747,02 | +16,9 | | 749,39 | +12,5 | | +18,0 | +10,1 | Pluie | S. S. O. fort. |
| 21 | 747,04 | +15,6 | | 746,00 | +17,1 | | 745,18 | +17,0 | | 745,43 | +15,0 | | +17,8 | + 8,8 | Couvert | S E. |
| 22 | 748,18 | +16,8 | | 750,31 | +15,8 | | 750,82 | +17,3 | | 753,73 | +12,8 | | +18,4 | +11,3 | Pluie | O. S. O. |
| 23 | 757,39 | +18,2 | | 758,24 | +21,1 | | 758,58 | +21,0 | | 759,84 | +17,6 | | +23,2 | +10,2 | Très nuageux | S. S. E. |
| 24 | 757,83 | +19,8 | | 757,87 | +23,2 | | 757,08 | +22,8 | | 757,23 | +19,6 | | +25,6 | +15,4 | Couvert | E. |
| 25 | 756,66 | +17,2 | | 755,62 | +26,4 | | 754,98 | +29,4 | | 755,00 | +25,7 | | +31,1 | +16,0 | Beau | E. |
| 26 | 756,65 | +27,4 | | 755,98 | +30,3 | | 755,01 | +31,1 | | 754,35 | +25,4 | | +33,8 | +18,9 | Beau | E. |
| 27 | 753,70 | +27,0 | | 752,25 | +29,7 | | 751,78 | +31,0 | | 753,31 | +22,0 | | +33,7 | +18,2 | Beau | S. E. |
| 28 | 756,64 | +21,6 | | 756,86 | +24,8 | | 756,32 | +25,9 | | 757,37 | +19,9 | | +27,8 | +16,7 | Beau | S. O. |
| 29 | 758,25 | +16,4 | | 757,97 | +16,4 | | 757,68 | +15,3 | | 757,25 | +14,9 | | +17,1 | +14,2 | Pluie continuelle | N. |
| 30 | 756,83 | +15,4 | | 756,90 | +16,9 | | 757,12 | +17,2 | | 757,17 | +15,5 | | +18,1 | +13,3 | Couvert | O. N. O. |
| 31 | 758,21 | +19,6 | | 758,25 | +21,6 | | 757,52 | +22,4 | | 758,40 | +18,3 | | +25,2 | +11,7 | Vaporeux | N. O. |
| 1 | 753,62 | +17,6 | | 753,30 | +20,5 | | 752,86 | +21,1 | | 753,42 | +15,3 | | +22,5 | +12,2 | ... Moy. du 1er au 10 | Pluie en centim., |
| 2 | 755,92 | +15,6 | | 755,32 | +17,9 | | 754,34 | +18,5 | | 754,52 | +14,2 | | +20,5 | + 9,9 | ... Moy. du 11 au 20 | Cour. 4,606 |
| 3 | 755,22 | +19,5 | | 755,11 | +22,1 | | 754,64 | +22,8 | | 755,37 | +18,8 | | +24,7 | +14,1 | ... Moy. du 21 au 31 | Terr.. 4,046 |
| | 754,92 | +17,6 | | 754,58 | +20,2 | | 753,95 | +20,8 | | 754,44 | +16,1 | | +22,6 | +12,1 | .... Moyennes du mois.... | +17,3 |